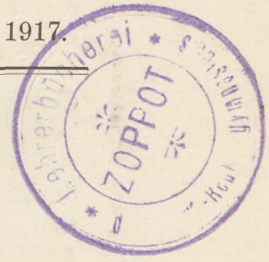


Bemerkungen zu dem Versuche über die Vereinigung der Spektralfarben.

Von

Landesschulinspektor Dr. Karl Rosenberg in Graz.



Wenn ich mir im nachstehenden einige Bemerkungen zu einem sehr alten und bekannten Versuche erlaube, so geschieht es, weil nach meinen Erfahrungen über die Grundlagen wie über die Ausführung dieses Versuches bisweilen nicht völlige Klarheit herrscht; auch dürfte ein oder der andere meiner Ratschläge neu oder mindestens nicht allgemein bekannt sein.

Es handelt sich um die Vereinigung der Spektralfarben zu Weiß unter Zuhilfenahme einer Sammellinse. Dieser Versuch, der sowohl aus wissenschaftlichen wie aus didaktischen Gründen für den Unterricht wertvoll, ja geradezu unentbehrlich ist¹⁾, gewinnt bekanntlich dadurch erhöhte Bedeutung, daß er, mit einfachen Hilfsmitteln ausführbar, durch die Darstellung der Komplementärfarben sich zu einem der schönsten Versuche der Optik ausgestalten läßt.

An die Versuchsanordnung möge Fig. 1 erinnern, die natürlich nur schematisch, also mit völliger Außerachtlassung der Größen- und Entfernungsverhältnisse ausgeführt

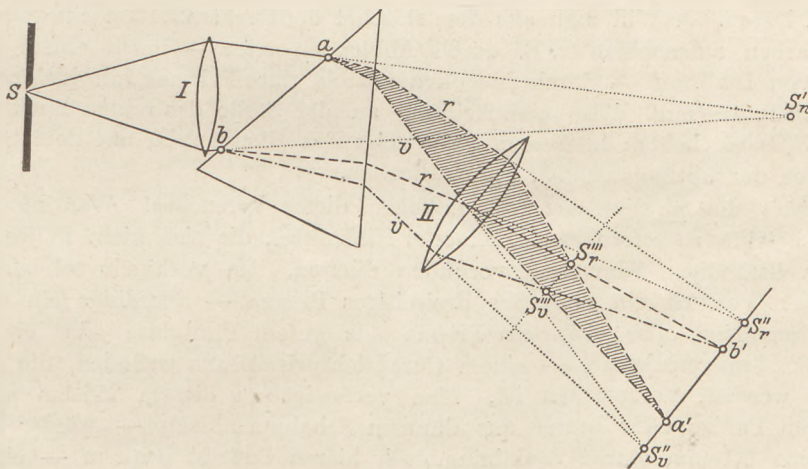


Fig. 1.

erscheint. Von einem senkrecht zur Zeichnungsebene gedachten, nicht zu engen Spalte (S) entwirft eine Sammellinse (I) von nicht zu kleiner Brennweite auf einem in größerer Entfernung aufgestellten Schirm ein vergrößertes Bild (S'_w). Durch Vorsetzen eines Prismas wird dieses Spaltbild auf dem nunmehr seitlich in gleicher Entfernung aufgestellten Schirme zu einem „reinen“ Spektrum (S'_r S'_u) auseinander-

¹⁾ F. Poske, Didaktik des physikalischen Unterrichts, S. 314—316.

gezogen. Bringen wir nun hinter das Prisma eine zweite Sammellinse (*II*) in einen Abstand vom Prisma, der ungefähr der (nicht zu großen) Brennweite dieser Linse entspricht, und ist der Durchmesser dieser Linse hinlänglich groß, um den ganzen Fächer der spektralen Farben, der aus dem Prisma austritt, noch aufnehmen zu können, so finden wir durch Vor- oder Zurückschieben dieser Linse leicht eine Stellung, bei der auf dem Schirme statt des bisher vorhandenen Spektrums ein mehr oder weniger reinweißer Lichtfleck (*a' b'*) entsteht. Dieser Lichtfleck ist nichts anderes als das reelle Bild des beleuchteten Teiles (*a b*) der vorderen Prismenfläche, bei der das Licht eintritt; sie möge im folgenden der Kürze halber stets als „Eintrittsfläche“ bezeichnet werden. Wie nämlich die Zeichnung erkennen läßt, werden alle von einem beliebigen Punkte (*a*) der Eintrittsfläche ausgehenden, farbig zerstreuten Strahlen durch die Linse zu einem reellen Bilde (*a'*) dieses Punktes vereinigt, welches Bild nun wieder weiß erscheint. Dabei verkürzt sich durch das Hinzuschalten der zweiten Linse (*II*) die Brennweite des von beiden Linsen (*I* u. *II*) gebildeten Abbildungssystemes, somit also die Bildweite für das reine Spektrum, das nun in kürzerer Entfernung als früher (nämlich in $S_r''' S_v'''$) erscheint; wieder belehrt uns darüber ein Blick auf die Zeichnung, indem der Vereinigungspunkt der roten Strahlen (*r, r'*), die von zwei verschiedenen Punkten (*a* und *b*) der Eintrittsfläche ausgehen und die sich früher in S_r'' kreuzten, nunmehr nach S_r''' vorgeschoben erscheint.

Halten wir uns dies alles vor Augen, so können wir für die Ausführung des Versuches dreierlei Folgerungen ziehen: 1. Bedecken wir die Eintrittsfläche des Prismas mit einem kleinen undurchsichtigen Schirme, der nur in seiner Mitte eine Blendenöffnung von geometrisch auffälliger Form freiläßt, so zeigt der weiße Fleck auf dem Schirme die Form dieser Blendenöffnung, vorausgesetzt, daß die letztere in ihrer Gänze beleuchtet ist. 2) Das weiße Bild der Blendenöffnung wird um so heller sein, je mehr Licht auf diese Öffnung fällt. Da es nun gar nicht mehr darauf ankommt, den Spalt abzubilden (was früher zur Erzeugung eines reinen Spektrums nötig war), so kann man den Spaltschirm völlig entfernen und das volle Licht auf das Prisma auffallen lassen. 3. Will man aus dem Büschel der Spektralfarben eine oder mehrere dieser Farben ausscheiden (z. B. durch Ablenden oder — nach einem alten Vorschlage von Dubosq — durch Ablenken mittels eines Prismas mit kleinem brechenden Winkel), so muß diese Ausscheidung an der Stelle des reinen Spektrums (also bei $S_r''' S_v'''$) geschehen; in diesem Falle zeigt das Blendenbild auf dem Schirme die Mischfarbe der übrigbleibenden Spektralfarben.

Soweit die physikalischen Grundlagen dieses Versuches! Was nun die Ausführung betrifft, so erfordert sie keinerlei Hilfsmittel, die sich nicht in jeder einigermaßen vollständigen Sammlung vorfinden dürften. Im vorhinein sei bemerkt, daß für diesen Versuch ein einfaches dreiseitiges Prisma — allerdings ein solches mit großer Dispersion, also etwa ein Prisma aus gutem Flintglase oder ein einfaches Schwefelkohlenstoffprisma²⁾ — einem Geradsichtprisma aus Gründen, die später einleuchten werden, vorzuziehen ist. Man verfertigt zu diesem Prisma aus steifem schwarzem Papier oder besser aus dünnem Schablonenblech — wieder ist das oft empfohlene 0,1 mm starke Aluminiumblech hierzu äußerst bequem — einige rechteckige Schirmchen (Fig. 2), die in ihrer Mitte die Blendenöffnung erhalten; als geeignete Form für dieselbe wäre ein Rechteck von etwa 7 mm Grundlinie und 25 mm Höhe, ein Kreis von 2 cm Durchmesser, eine Ellipse von 2 cm kleiner und 3 cm großer Achse (letztere wagerecht), endlich ein 6- oder 8spitziger Stern (Entfernung zweier einander gegenüberliegender Spitzen etwa 2 cm) zu empfehlen. Die Breite dieser Schirmchen wird etwas größer als jene der Prismenflächen gewählt; durch Um-

²⁾ Mit Vorliebe benutze ich das Hohlprisma 3833 der Firma E. Leybold-Köln a. Rh., dessen Flächen 60:60 mm Außenmaße haben und das vor dem Kriege nur 14 M. kostete.

biegen der vorstehenden Streifen erreicht man, daß die von oben nach unten über das Prisma geschobenen Schirmchen daran genügend festhalten (Fig. 2) und rasch ausgewechselt werden können. Als Linse *I* verwendet man eine (womöglich achromatische) Linse von etwa 35 cm Brennweite; auch ein Projektionsobjektiv ist dazu sehr geeignet, wenn seine Öffnung nicht allzu klein ist. Als Linse *II* genügt eine gewöhnliche Sammellinse, deren Brennweite zwischen 22 und 30 cm bei einem Linsendurchmesser von 7,5 und 10 cm liegen kann. Endlich benötigt man ein Prisma mit kleinem brechenden Winkel; solche Prismen sind an dem bekannten Modell eines „achromatischen Prismas“ in Verwendung. Die ältere Form mit zwei übereinanderklappbaren Prismen³⁾ ist dabei besser verwendbar als die von Weinhold empfohlene, bei welcher der gleichzeitigen Verwendung als Geradsichtprisma zuliebe die Prismenwinkel größer gewählt wurden und daher für unseren gegenwärtigen Zweck eine zu starke Ablenkung liefern. Besser aber als alles andere sind jene Prismen zu verwenden, die für Brillen Schielender fabrikmäßig erzeugt werden und von denen meist ein ganzer Satz (mit brechenden Winkeln von 1° bis 20°) in den Brillenkasten der Augenärzte enthalten ist⁴⁾. Diese Prismen sind bei hinlänglicher Genauigkeit sehr billig erhältlich, so daß man sich mit geringen Auslagen mehrere beschaffen kann⁵⁾. Es würde sich empfehlen, mindestens zwei dieser Prismen, eines mit einem Winkel von 3 bis 4° und ein zweites mit 6 bis 8° zu erwerben. Zur Aufstellung dieser Prismen befestige man auf einem kleinen Brettchen mit Siegellack oder mit Picein einen Kork, in dessen obere Fläche man einen schwach keilförmigen, einige Millimeter tiefen Spalt einschneidet. In diesen Spalt wird das Prisma eingesteckt; es läßt sich dann durch einen leichten Fingerdruck auch etwas neigen, so daß die brechende Kante genau lotrecht steht.

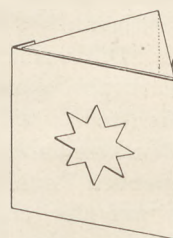


Fig. 2.

Und nun noch einige Worte über die Ausführung des Versuches selbst! Der Versuch läßt sich sowohl unter Zuhilfenahme des Heliostates wie auch mit dem Projektionsapparate ausführen; im folgenden möge die Verwendung des letzteren angenommen werden, wonach sich die Ausführung mit Sonnenlicht von selbst ergibt. Etwa 10 bis 15 cm vor dem Kondensator wird der (nicht zu enge) Spalt angebracht; der aus dem Kondensator austretende Lichtkegel wird durch den Spaltschirm so geschnitten, daß die helle Lichtfläche den Spalt der ganzen Länge nach überdeckt. Die Spaltlänge wähle man dabei — wie für alle ähnlichen Versuche — nicht zu groß; 1 bis 2 cm genügen reichlich. Andernfalls treten im Spektrum infolge der Abweichungsfehler der Linsen Krümmungen in lotrechter Richtung ein; beispielsweise verläuft bei der „Umkehrung der Natriumlinie“ der schwarze Absorptionsstreifen nicht geradlinig, sondern bogenförmig von oben nach unten, was zum mindesten unschön aussieht. Vor den Spalt kommt die Linse (das Projektionsobjektiv) *I* in eine solche Entfernung, daß auf dem möglichst weit entfernt aufgestellten Schirme (je nach dem verfügbaren Raume vielleicht in 4 bis 5 m Entfernung) ein scharfes Bild des Spaltes entsteht. Auf einem kleinen Tischchen wird dicht vor der Linse das mit einer der vorhin erwähnten Blenden bedeckte Prisma so aufgestellt, daß die

³⁾ Leppin & Masche, Berlin, Liste D 32, Nr. 5250, 22 M.; ungefaßt Nr. 266, 12 M.

⁴⁾ A. Elsehnig, Die Funktionsprüfung des Auges. Für Studierende und Ärzte. 2. Aufl. Wien und Leipzig, F. Deuticke, 1911. S. 13, 172 u. ff.

⁵⁾ Bei Bestellung wäre zu betonen, daß es bei Ausführung der Prismen (Größe etwa 35 × 35 mm) auf ein paar Winkelminuten Genauigkeit nicht ankommt, auch als Material gewöhnliches Krystallglas genügt. Die Herstellung solcher Prismen würde nach brieflichen Mitteilungen von den Optischen Werkstätten von Knoll & Co., G. m. b. H. Altona (Elbe) sowie von A. Jackenkroll, Berlin SO. 33, Taborstraße 20, zum Preise von 1 bis 2 M. pro Stück (allerdings wahrscheinlich erst nach dem Kriege) übernommen werden.

Blendenöffnung womöglich in ihrer ganzen Ausdehnung von dem aus der Linse austretenden Lichtbündel beleuchtet wird. Nachdem der Schirm in möglichst gleiche Entfernung seitlich übertragen und das Prisma auf das Minimum der Ablenkung eingestellt ist, erhält man auf dem Schirme das reine Spektrum. Wird nun die Linse *II* in den Strahlengang eingeschaltet, so kann man leicht erreichen, daß auf dem Schirme ein fast ganz weißes, vergrößertes Bild der Blendenöffnung entsteht. Und nun wird der Spaltschirm entfernt. Von dem voll aus dem Kondensator austretenden Lichtkegel wird dann allerdings ein Teil an dem Prisma in der Richtung nach vorne vorbeigehen; dieser Teil kann aber dadurch, daß man einen kleinen Schirm (z. B. einen Schachteldeckel) auf das Tischchen aufstellt, leicht abgeblendet werden. Sollte ferner die dem brechenden Winkel gegenüberliegende Prismenfläche einiges Licht auf den Schirm reflektieren, so kann durch Bedecken dieser Fläche mit schwarzem Papier oder noch einfacher durch passendes Verschieben des Prismas leicht abgeholfen werden. Das Bild der Blendenöffnung erscheint nunmehr grellweiß; etwaige seitlich noch verbliebene Farbensäume lassen sich durch geringe Verschiebung der Linse *II*, vielleicht auch durch geringe Drehung um ihren lotrechten Durchmesser fast restlos beseitigen.

Die vorhandene Lichtfülle gestattet nun zunächst, den nach Fig. 1 zu erwartenden Strahlengang an den in der Luft schwebenden Staubteilchen deutlich zu verfolgen. Unmittelbar hinter der Linse *II* verengt sich das farbige Lichtbündel bis zur deutlich erkennbaren engsten Stelle des reinen Spektrums. Die von dort wieder auseinandergehenden Strahlen erscheinen nun aber in ihrem weiteren Verlaufe nur mehr seitlich — auf der einen Seite rot, auf der anderen blauviolett — gesäumt und lassen zwischen diesen Farbenrändern den mittleren weißen Teil deutlich erkennen. Die seitlichen Farbstreifen spitzen sich dabei (von oben gesehen) gegen den Schirm immer mehr zu, um in unmittelbarer Nähe des Schirmes völlig zu verschwinden.

Schiebt man bei S_r''' von der Seite einen Blech- oder Pappstreifen in das reine Spektrum (blendet man also das rote Ende des Spektrums ab), so erscheint das Blendenbild auf dem Schirme leuchtend blaugrün. Bei Ablendung des blau-violetten Endes (bei S_v''') erscheint es gelb. Bringt man einen schmalen Blechstreifen in lotrechter Lage so zwischen S_r''' und S_v''' , daß er gerade die grünen Strahlen abblendet — indem man diesen Blechstreifen um seine lotrechte Achse dreht, kann man nach Belieben mehr oder weniger von den Strahlen mittlerer Brechbarkeit abblenden —, so nimmt das Blendenbild auf dem Schirme eine prächtige Purpurfarbe (natürlich heller Purpur, also eigentlich ein tiefes Rosenrot) an⁶⁾.

Gewähren schon die bisher beschriebenen Versuche dem Auge einen schönen Genuß, so gestalten sich die nachfolgenden Experimente so prächtig, daß sie mit zu dem Schönsten gehören, was die Optik zu bieten vermag. Unter die Strahleneinschnürung bei S_r''' S_v''' stellt man ein Tischchen von solcher Höhe, daß das daraufgestellte ablenkende Prisma mit seiner brechenden Kante gerade in den Gang der farbigen Strahlen eingeschoben werden kann. Sowie dies durch Vorwärtsschieben des Prismas eintritt, erhält man auf dem Schirme zwei kongruente helleuchtende Bilder der Blendenöffnung, von denen das eine durch die abgelenkten, das andere durch die übrigbleibenden Strahlen erzeugt wird. Schneidet das Prisma daher nur ganz wenig in das rote Ende des reinen Spektrums ein, so erhält man ein dunkelrotes und ein (begrifflicherweise nur ganz schwach) grünlich gefärbtes Bild; bei weiterem Vorwärtsschieben des Prismas folgen dann die Farbenpaare hellrot-grün, orange-blau,

⁶⁾ Es ist dies jene Färbung, die eine verdünnte Lösung von Kaliumpermanganat im durchgelassenen Lichte zeigt. Eine solche Lösung absorbiert bekanntlich gleichfalls den grünen Teil des Spektrums. Schon dieser auffälligen Übereinstimmung wegen sollte der eben beschriebene Teil des Versuches nicht übergangen werden.

gelb-violett. Die Pracht der auftretenden Farben kann durch die bekannten, ein ähnliches Ziel anstrebenden, aber sowohl in der Ausführung wie in der Erklärung weit schwierigeren Polarisationsversuche kaum erreicht, jedenfalls aber nicht überboten werden.

Je größer die Entfernung des Schirmes und je größer der brechende Winkel des ablenkenden Prismas ist, desto weiter treten die beiden Blendenbilder auseinander; durch passende Wahl beider Größen kann man daher leicht erreichen, daß die beiden farbigen Bilder sich in der Mitte mehr oder weniger überdecken, wobei das gemeinsame Flächenstück wieder rein weiß erscheint. Am besten ist zu diesem Teile des Versuches die elliptische Blende zu verwenden, die auf dem Schirme kreisähnliche, teilweise übereinandergeschobene Farbenscheiben liefert. Bei einer Schirmentfernung von 4 bis 5 m dürfte ein Prismenwinkel von 3 bis 4° zum Ziele führen, während Winkel von 6 bis 8° die beiden Bilder völlig getrennt nebeneinander auf dem Schirme erscheinen lassen.

Nach dem früher Gesagten ist es eigentlich überflüssig, darauf hinzuweisen, daß man eine völlig gleichmäßige Färbung der Blendenbilder nur erreichen wird, wenn man das Einschieben des Ablenkungsprismas möglichst genau an der Stelle des reinen Spektrums — weder weiter vorne, noch weiter rückwärts — vornimmt. Ebenso ist es klar, daß man bei entsprechender Neigung der brechenden Kante (oder auch bei schräger Haltung des vorhin erwähnten schmalen Blechstreifens) gegen die Längsrichtung des Spektrums Bilder erhalten muß, die mehrere Farben in schönem Übergange zeigen.

Zum Schlusse sei noch erwähnt, daß zu diesem Versuche auch besondere Apparate hergestellt wurden. Zur Vereinigung der Strahlen dient gewöhnlich eine Zylinderlinse von kurzer Brennweite; das ablenkende schmale Prisma ist nur einige Millimeter breit und wird gewöhnlich auf eine Glasplatte gekittet, die sich durch besondere Einstellvorrichtungen sehr präzise sowohl seitlich wie von vorne nach rückwärts verschieben läßt⁷⁾. Vergleicht man die Versuchsergebnisse, die man mit diesen nicht gerade billigen Vorrichtungen einerseits und mit der vorhin beschriebenen Versuchsanordnung andererseits erreichen kann, so fallen diese Vergleiche wohl unbedingt zugunsten der letzteren Anordnung aus, wovon sich jeder Experimentator leicht selbst überzeugen kann.

Wenn man sich der Mühe unterzieht, die einander manchmal etwas widersprechenden Angaben und Erläuterungen, die hinsichtlich dieses Versuches in der Fachliteratur gemacht werden, einer unparteiischen Prüfung zu unterwerfen, so wird man es vielleicht entschuldigen, wenn in einer so alten und allbekannten Sache das Wort ergriffen wurde.

Segelproblem und Keil.

Von

Joh. Kleiber in München.

1. Das Segelproblem. Nach den interessanten Ausführungen von Stromann¹⁾ und Losehand²⁾ über den Keil und das Segelproblem sei es gestattet, hier noch mit ein paar Worten auf diese Angelegenheit zurückzukommen, teils um einen von Losehand vorgetragenen scheinbaren Zwiespalt aufzuklären, teils um eine neue

⁷⁾ Über eine vorzügliche Ausführung des Apparates durch die Firma Leybold-Köln a. Rh. vergleiche diese Zeitschrift XIV, S. 318 (Preis 95 M.). Auch mein Experimentierbuch II, S. 443 — Vgl. auch E. Grimsehl in dieser Zeitschrift XX, S. 212.

¹⁾ Stromann, Z. U. XXVIII, S. 255.

²⁾ Losehand, XXX, S. 12.

einfachste Lösung des allgemeinen Keilproblems zu bringen, deren Durchnahme bei den Schülern auf keinerlei Schwierigkeit stößt.

Was zunächst das Segelproblem betrifft, so ist die von Dr. Losehand dargestellte Lösung, die sich u. a. auch in meinem Lehrbuch³⁾ findet, richtig. Die Windkraft ist hierbei tatsächlich in eine Komponente senkrecht zum Segel und in eine solche parallel zum Segel zu zerlegen, da jedes auf das Segel treffende Molekül nur mit der Geschwindigkeitskomponente senkrecht zum Segel einen Stoßdruck ausübt, während seine Geschwindigkeitskomponente parallel zum Segel für die Bewegung des Schiffes nicht in Frage kommt.

Nur die senkrecht zum Segel gerichtete Komponente des Winddrucks wirkt bewegend auf das ganze Schiff; ist sie schräg zur Fahrtrichtung, so muß man sie schließlich noch zerlegen in die dynamische und in die statische Komponente, wovon die erstere parallel zur Fahrtrichtung des Schiffes, die letztere senkrecht dazu gerichtet ist.

Der Energiesatz gilt hier scheinbar nicht, da ja nicht die ganze Energie des Winddrucks auf das seitlich zu ihm ausweichende Schiff übertragen wird. Daher ordnet sich das Segelproblem, wie schon der Herausgeber dieser Zeitschrift⁴⁾ in einer Anmerkung angedeutet hat, dem Keilproblem nicht in allen Stücken unter.

2. Das spezielle Keilproblem. Auch das spezielle Keilproblem, wobei eine gerade, in einer lotrechten Führung laufende Stange auf die Hypotenuse einer beweglichen schiefen Ebene wirkt, deren wagerechte Basis man sich auf Rollen gleitend denken muß, ist von Dr. Losehand durchaus einwandfrei gelöst. Denn tatsächlich wirken auf die Zugstange außer ihrem Gewicht K_1 (in Fig. 7 der Arbeit von Losehand) noch zwei weitere Kräfte, nämlich der Reaktionsdruck K_0 , der senkrecht zur angegriffenen Keilfläche verläuft und der Reaktionsdruck N , den die „Führung“ auf die Stange ausübt. Dieser ist senkrecht zur „Führung“ gerichtet. Von dessen Vorhandensein überzeugt man sich leicht, wenn man den Keil entgegen seiner Bewegung gegen die Stange preßt. Sitzt diese etwas lose in der „Führung“, die wir uns z. B. als ein längeres zylindrisches Rohr vorstellen können, so klemmt sie sich etwas schräg in der „Führung“ ein, in mindestens zwei Punkten, einem oberen und einem unteren. Es treten also eigentlich mindestens zwei (hier einander entgegengesetzte) Normaldrücke zur „Führung“ auf. Aber wenn es auch mehrere wären, so hätten doch alle diese senkrecht zur „Führung“ gerichteten Drücke stets eine senkrecht zur „Führung“ gerichtete Resultante N . Da nun die drei Kräfte K_1 , K_0' , N die Stange im Gleichgewicht halten, so bilden ihre Pfeile ein Kräfte-dreieck von der Art, wie es Herr Dr. Losehand in seiner Figur angegeben hat.

Es ist also ganz richtig beim Keil, im Gegensatz zur ersten Kraftzerlegung des Winddruckes beim Segel, die auf die Keilfläche wirkende Kraft K_1 außer in eine senkrecht zur Keilfläche wirkende Komponente K_0' noch in eine wagerechte Komponente zu zerlegen, die aber hier nur aus dem Grund wagerecht ist, da die „Führung“ lotrecht und geradlinig ist. (Vgl. unten Abschn. 4.)

3. Behebung des scheinbaren Zwiespalts der Lösungen. Herr Dr. Losehand hat nun in verdienstvoller Weise auf die Divergenz der Kraftzerlegungen beim Keil- und beim Segelproblem hingewiesen. Da aber nun beide durchaus richtig sind, so folgt eben, daß der „Projektionssatz“, der zur richtigen Lösung des ersten Problems führte, mit äußerster Vorsicht angewendet werden muß. Er paßt nicht schlankweg auf alle Fälle. Da er innerlich ein verkappter Lehrsatz über den Energieumsatz⁵⁾ ist, so kann er natürlich für das Segelproblem nicht gelten, bei dem ein

³⁾ Physik für die Oberstufe. 7. Aufl. S. 34. Der Stoßdruck ist S. 114 angegeben.

⁴⁾ XXX, S. 17.

⁵⁾ Vgl. die Ableitung von Losehand XXX, S. 15.

Teil der Windenergie nicht auf das Schiff übertragen wird. Anders beim Keil, wo jeder Verlust an Lagenenergie der in der Führung gleitenden Stange in einen Gewinn an Lagenenergie des Keils umgesetzt wird (man denke sich, daß der Keil gegen eine wagerecht gelagerte Matratzenfeder gepreßt wird).

4. Das allgemeine Keilproblem (vergleiche die beigefügte Abbildung). Man unterscheidet hier drei Körper: a) den Keil; dieser habe im allgemeinsten Fall eine sichelförmig krummflächige Begrenzung, b) den Träger, auf dem der Keil ruht; er soll den Keil, wie die Abbildung zeigt, in zwei Punkten berühren und c) den Druckkörper oder Drücker; dieses ist der Körper, durch den die Kraft auf den Keil übertragen wird. Der Drücker gleite zwischen Führungen, die ihn an zwei Stellen berühren mögen. Die auf den Drücker ausgeübte Kraft heiße P ; sie soll beliebig gerichtet sein. Die Kraft, die den Keil im Gleichgewichtsfalle an der Bewegung hindert, heiße Q , ihr Angriffspunkt B . Es sei vollständige Reibungslosigkeit vorausgesetzt, außerdem muß man sich in Rücksicht auf die Schüler auf den Fall beschränken, daß die sämtlichen hier auftretenden Kräfte in der Zeichenebene liegen. Die Lösung ist dann sehr einfach; sie erfordert nur die Kenntnis von der Zerlegung einer Kraft in zwei vorgeschriebene Richtungen und die Kenntnis des Lehrsatzes:

Drei Kräfte in einer Ebene können nur im Gleichgewicht sein, wenn sich ihre Wirkungslinien in einem Punkte schneiden.

Dieser Satz ist ja nur eine andere Fassung des jedem Schüler geläufigen Satzes, daß im Gleichgewichtsfalle dreier Kräfte jeweils die Resultante zweier Kräfte entgegengesetzt gleich der dritten sein und in der Wirkungslinie der letzteren liegen muß. Hat der Lehrer diese

Sätze mit den Schülern wiederholt, so kann er sofort zu der im folgenden gegebenen Lösung des Keilproblems übergehen, die dann nicht die geringsten Schwierigkeiten bietet. Sie lautet wie folgt:

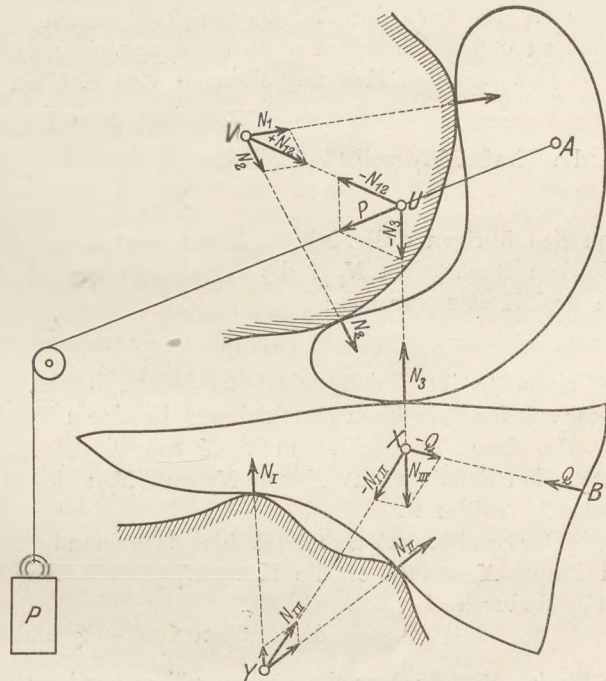
A. Auf den Druckkörper wirken außer der vorgeschriebenen Kraft P noch die beiden Reaktionsdrücke N_1 , N_2 der Führungen und der Reaktionsdruck N_3 des Keils. Im Falle völliger Reibungslosigkeit stehen diese Drücke als Normaldrücke senkrecht zu den Flächenelementen, an denen sie auftreten.

Von den den Druckkörper angreifenden vier Kräften

$$P; N_1, N_2; N_3$$

ist nur die Kraft P vollständig bekannt; von den drei übrigen kennt man nur ihre Wirkungslinien. Bezeichnet man die Resultante der beiden Führungsdrücke N_1 und N_2 mit N_{12} , so hat man nur noch drei Kräfte vor sich:

$$P, N_{12}, N_3$$



die einander im Gleichgewicht halten. Ihre Wirkungslinien müssen sich also in einem Punkt schneiden. Die Kraft N_{12} muß daher durch den Schnittpunkt U von P und N_3 gehen. Sie geht aber auch durch den Schnittpunkt V von N_1 und N_2 ; daher ist die Richtung von N_{12} eindeutig bestimmt.

Im Punkt U zerlegt nun der Schüler die Kraft P in die Richtung von N_3 und N_{12} und erhält so

die Größen von $-N_3$ und $-N_{12}$.

Im Punkt V zerlegt er die soeben erhaltene Kraft N_{12} in die Richtungen von N_1 und N_2 und erhält so

die Größen von N_1 und N_2 .

Damit ist der Druckkörper erledigt.

B. Auf den Keil wirken nun außer der Kraft Q noch die beiden Reaktionsdrücke N_I , N_{II} der Führungen (Widerlager) und der Reaktionsdruck N_{III} des Druckkörpers. Im Falle der Reibungslosigkeit stehen diese Reaktionsdrücke wieder senkrecht zu den Flächenelementen, an denen sie auftreten.

Von den den Keil angreifenden vier Kräften

$$Q; N_I, N_{II}; N_{III}$$

ist die Kraft N_{III} vollständig bekannt, da

$$N_{III} = -N_3.$$

Von den übrigen drei Kräften kennt man nur die Wirkungslinien. Bezeichnet man mit dem Buchstaben N_{III} die Resultante von N_I und N_{II} , so hat man wieder nur die drei Kräfte vor sich:

$$Q, -N_{II}, -N_{III},$$

die einander im Gleichgewicht zu halten haben. Ihre Wirkungslinien müssen sich daher wieder (wie beim Druckkörper) in einem Punkte X schneiden. Die Kraft N_{III} hat also durch den Schnittpunkt X von Q und N_{III} zu gehen. Sie geht aber auch durch den Schnittpunkt Y von N_I und N_{II} ; daher ist die Wirkungslinie von N_{III} eindeutig bestimmt.

Der Schüler hat also auch hier nacheinander zwei Kraftzerlegungen auszuführen: Im Punkt X zerlegt er die Kraft N_{III} nach den Richtungen von Q und N_{III} und erhält dadurch

die Größen von $-Q$ und $-N_{III}$.

Im Punkte Y zerlegt er die soeben näher bestimmte Kraft N_{III} nach den Richtungen von N_I und N_{II} und findet hierdurch schließlich

die Größen von N_I und N_{II} .

Damit ist die ganze Aufgabe gelöst. Unbestimmtheiten treten nur dann auf, wenn die Auflagerung des Druckkörpers oder des Keils in mehr Punkten, als oben angenommen wurde, erfolgt. Dann hilft aber auch kein „Projektionssatz“, ähnlich wie bei dem Problem des Tisches, der statt mit drei mit vier Beinen auf einer ebenen Unterlage steht; auch hier bleiben die Drücke der Beine auf den Boden zunächst unbestimmt.

5. Spezialfälle. In den Spezialfällen tritt zuweilen die kleine Komplikation ein, daß eine Kraft in zwei zu ihr parallele Komponenten zu zerlegen ist. Dies erledigt sich aber in bekannter Weise und braucht hier wohl nicht näher erörtert zu werden.*)

*) Anmerkung der Redaktion. Durch den obigen Aufsatz dürften auch die Bedenken erledigt sein, die von anderer Seite gegen die Ausführungen von O. Losehand erhoben worden sind.

Saugt man die Luft des Saugrohres ab, so bleibt, wenn das Quecksilber gut von Luft befreit ist, dieses ruhig in seiner Lage. Erst nach Beklopfen mit dem Finger trennt es sich vom Glase, und zwar fällt es bei *A* und bei *C* gleichzeitig, oder nur bei *A*, oder endlich nur bei *C*; in den letzten beiden Fällen kann man bei weiterem Klopfen erreichen, daß es hinterher auch bei *C* oder *A* fällt. Läßt man die Luft wieder einströmen, so geht das Quecksilber an den alten Ort zurück. Bei der Wiederholung des Versuches erlebt man meist die Überraschung, daß das Quecksilber sich auch ohne Beklopfen bei *A* löst, manchmal auch bei *C*. Man könnte daraus schließen, daß noch geringe Spuren von Luft vorhanden sind, und tatsächlich gelingt nach erneutem Auskochen der Versuch tadellos. Aber auch in Fällen wiederholten Auskochens reißt beim zweiten (Wiederholungs-) Versuch der Faden bei *C* gelegentlich ab, häufiger im weiten, seltener im engen Rohre. Dann ist ein weiteres Auskochen nicht nötig; gelingt bei der Wiederholung der Versuch nicht unmittelbar, so genügt ein Beklopfen des Rohres während des Einlassens der Luft, um den Versuch von neuem anstellen zu können. Die Ursache dafür konnte nicht ermittelt werden; vielleicht sind doch noch äußerst geringe Luftmengen vorhanden, die bei der Erschütterung absorbiert werden, vielleicht sammeln sich an den Trennungsfächen Spuren von Oxyd, die durch die Erschütterung wieder verteilt werden, vielleicht auch setzen die kleinen Mengen entstandenen Quecksilbergases der Verdichtung einen Widerstand entgegen.

Zum Beweise, daß der Heber unter besonderen Umständen im luftleeren Raume fließt, ist erforderlich, daß das Quecksilber sich nur bei *A* löst, nicht aber bei *C*. Das ist dadurch zu erreichen, daß man das Rohr während des Auspumpens so lange beklopft, bis das Quecksilber bei *A* fällt. Gleich nach der Abtrennung schwankt es einigemal auf und ab, ein Zeichen dafür, daß es die Adhäsion am Glase zu überwinden hatte. Dann fließt es ruhig durch den Heber, bis die in Fig. 1 festgehaltene Gleichgewichtslage erreicht ist. Damit ist der Nachweis dafür erbracht, daß die Molekularkräfte unter günstigen Umständen hinreichen, ein Weiterfließen des Hebers im luftleeren Raume zu gestatten.

Bei der Ausführung der ersten Versuche drängte sich die Frage auf, ob die Molekularkräfte groß genug sind, das Quecksilber gänzlich über den Berg *C* laufen zu lassen. Um das zu untersuchen, wurden Formen hergestellt, bei denen das Fallrohr und das Saugrohr so lang waren, daß die Quecksilberkuppe *G* (Fig. 2) tiefer liegt als die Quecksilberkuppe *B*, wenn diese gerade aus der Barometerprobe in das Steigrohr übertritt. Der Versuch gelingt sehr sicher mit dem engen Rohre; in dem weiten Rohre aber genügt die Oberflächenspannung in der Kuppe nicht, das Quecksilber zusammenzuhalten; ein Teil fließt, unmittelbar, nachdem die Kuppe in das Steigrohr eingetreten ist, bei *B* zusammen. Es rührt dies auch mit daher, daß das Quecksilber im Steigrohre noch eine besondere Arbeit zu leisten hat. Das Quecksilber im Steigrohre wirkt mit seinem Gewichte nach unten, ebenso wie das Quecksilber im Fallrohre. Sein oberer Teil im Fallrohre wird mit dem Quecksilber des Steigrohres durch die Molekularkräfte im Gleichgewicht gehalten. Das Quecksilber im unteren Teile des Fallrohres ist im Gleichgewicht mit dem im Saugrohre vorhandenen. Der mittlere Teil des Quecksilbers im Fallrohre endlich kann, soweit er nicht von dem Luftdruck im Saugrohre getragen wird, den Fallgesetzen folgen; er stellt für die Gesamtmasse des Quecksilbers dasselbe dar, was das Übergewicht für die bewegten Massen der Fallmaschine bedeutet. Dieser Teil also, dessen Gewicht

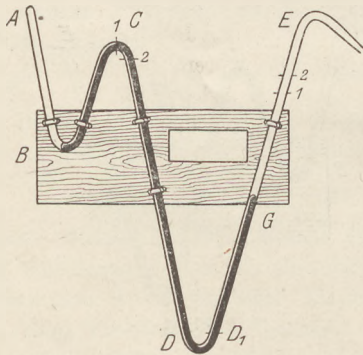


Fig. 2.

bei der vorliegenden Röhrenform sich nicht wesentlich ändert, solange die obere Quecksilberkuppe zwischen *B* und *C* ist, veranlaßt eine zunehmende Geschwindigkeit der ganzen Quecksilbermasse. Die Beschleunigung wirkt den Molekularkräften entgegen, und dieser Beschleunigung sind die Molekularkräfte im engen Rohre gewachsen, im weiten aber nicht.

Läßt man nach Ausführung des Versuches mit einer langen Röhre (Fig. 2) der ersten Form die Luft wieder einströmen, so reißt meistens (auch im engen Rohre) der Quecksilberfaden im Steigrohre ab, da das Quecksilber, sobald seine Kuppe über die Höhe *C* hinweggegangen ist, wieder zunehmende Geschwindigkeit erlangt. Eine unmittelbar folgende Wiederholung des Versuches ist dadurch nicht immer möglich.

Man kann das Abreißen allerdings vermeiden, wenn man die Luft schnell genug einströmen läßt; aber man läuft dabei Gefahr, die Glaskuppe des Rohres zu zertrümmern. Mit Anwendung der zweiten Form (Fig. 3), die sich von der ersten nur dadurch unterscheidet, daß das Saugrohr dem Fallrohre parallel ist, geht man allen Hindernissen aus dem Wege. Diese Form läßt sich gerade aus der üblichen Länge der käuflichen Biegeröhren herstellen. Ist der Apparat so befestigt, daß das Fallrohr lotrecht steht, so ist der Höhenunterschied zwischen *A* und *B* 16 cm, zwischen *B* und *C* 6 cm, zwischen *C* und *D* 50 cm; das Rohrstück *AB* hat vom Rohrstück *CD* 12 cm Abstand, und der Winkel *BCD* beträgt etwa 60° . Dieses Rohr hat den Vorzug, daß sich die Versuche in verschiedenen Lagen des Steigrohres ausführen lassen, *BC* kann z. B. horizontale oder senkrechte Richtung haben; vor allem aber bietet es den Vorteil, daß man den Versuch ohne weiteres wiederholen kann, selbst wenn der Quecksilberfaden einmal infolge einer ungewollten Erschütterung abreißt. Man braucht vor dem Einlassen der Luft das

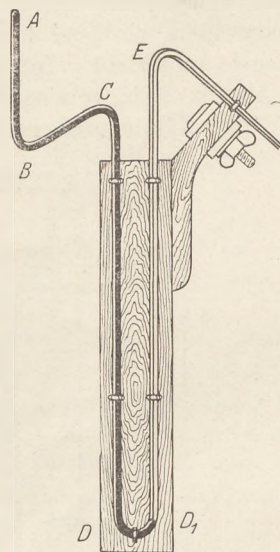


Fig. 3.

Rohr nur so einzuklemmen, daß das Steigrohr von *C* nach *B* ansteigt, daß also *B* höher liegt als *C*. Es empfiehlt sich, das erste Aussaugen der Luft in dieser Lage vorzunehmen, da sich dann etwa vorhandene Spuren von Luft oder die erwähnten unbekanntes Sachen, die eine Wiederholung der Versuche erschweren, im oberen Teile des Quecksilbers sammeln. Dadurch wird erreicht, daß sich in jeder Lage des Rohres das Quecksilber bei *A* glatt löst, bei *C* aber zusammenhält, selbst in dem Falle, daß das Steigrohr senkrecht steht, wobei *A* tiefer liegt als *C*.

Das Quadrantelektrometer im physikalischen Unterricht.

Von

Studienrat Fr. Adami in Hof.

Im nachstehenden soll ein Quadrantelektrometer beschrieben werden, dessen Herstellung nicht allzu schwierig und dessen Preis als leicht erschwinglich bezeichnet werden muß.

In der Fig. 1 erkennt man einen Rahmen, der aus Holz, das einen quadratischen Querschnitt von 25 bis 30 mm Seitenlänge besitzt, hergestellt ist. Der Rahmen ist senkrecht in ein mit drei Stellschrauben versehenes Brett gesteckt. In den oberen Querbalken ist ein Holzzylinder $B_1 B_2$ eingesetzt, dessen 12 bis 16 mm weite Bohrung mit einer Mischung aus Schwefel und Paraffin ausgegossen wurde. Durch diese

Isoliermasse ist eine Stricknadel $S_1 S_2$ gesteckt, die bei S_2 breit geklopft und mit einem kleinen Loch versehen wurde. In dieses Loch wird ein mit Bleisuperoxyd oder Graphit bestrichener Kokonfaden eingehängt, der an seinem unteren Ende einen Doppelanker trägt. Dieser Doppelanker (Fig. 2) wird in der Weise angefertigt, daß man einen Bogen Aluminiumpapier auf einen andern Bogen Aluminiumpapier so klebt, daß sich die eine metallische Seite oben und die andere metallische Seite unten befindet. Hierauf schneidet man den Doppelanker aus, so daß er die Form der Fig. 2, die die natürliche Größe eines Doppelankers darstellt, erhält. In den geradlinigen Streifen des Doppelankers schneidet man einen Schlitz AB und steckt durch ihn einen Streifen, der in der nämlichen Weise wie der Doppelanker aus Aluminiumpapier hergestellt wurde und die Form sowie die Größe der Fig. 3 besitzt. Der Kokonfaden wird bei 1 mit seinem andern Ende angeknüpft und bei 2 ein kleiner Spiegel aufgeklebt. In der Mitte des Rahmens (Fig. 1) ist unten auf dem Fußgestell ein Zylinder sichtbar, in den auf der Vorderseite eine Öffnung eingeschnitten ist. Der Zylinder ist hohl und in einer Gießform aus einem Gemisch von Schwefel

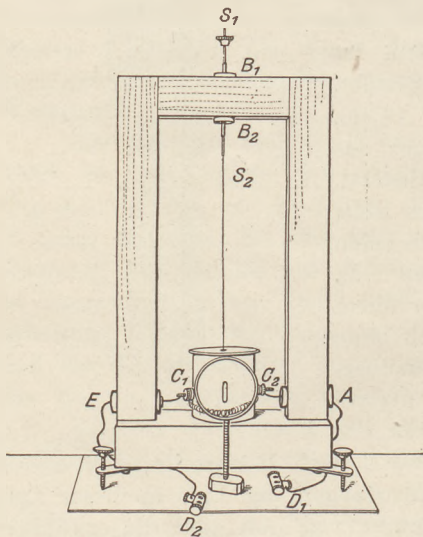


Fig. 1.

und Paraffin hergestellt. Auf die Innenseite des Zylinders sind 4 rechteckige Streifen aus Stanniol — die Quadranten — aufgeklebt, so daß zwischen den einzelnen Streifen ein Zwischenraum von $\frac{1}{2}$ bis 1 mm freibleibt. Durch den Paraffinzylinder und die Stanniolstreifen gehen 4 Kopfschrauben, die außen an dem Zylinder durch Muttern festgehalten werden. Die linke vordere Schraube C_1 ist mit der rechten hinteren Schraube und die rechte vordere Schraube C_2 mit der hinteren linken Schraube durch einen Draht verbunden. Ein Teil des zuletzt genannten Drahtes ist auf dem Bilde sichtbar. Von C_2 geht ein Draht durch das mit Paraffin ausgegossene und in der Mitte mit einem Loch versehene Rohr A und endet in einer Klemmschraube D_1 . Ebenso geht von C_1 ein Draht durch eine gleiche Vorrichtung E und endet in der Klemmschraube D_2 .

Die obere Platte eines mit Kondensatorplatten versehenen Elektroskops wird mit einer an einem Kautschukstiel befestigten Metallkugel, die durch Peitschen mit einem Fuchsschwanz (—) elektrisch gemacht wurde, so lange wiederholt berührt, bis die Aluminiumstreifen einen Ausschlag zeigen. Die untere Platte des Kondensators ist durch einen Draht mit S_1 verbunden. D_2 wird mit der Wasserleitung in leitende Verbindung gebracht und in D_1 die zu untersuchende Spannung angelegt. Ist das Elektroskop geeicht, so erkennt man an der Größe des Ausschlages der Aluminiumstreifen, wie groß die Spannung des Elektroskops, also auch das Potential des Doppelankers ist.

Vor dem Paraffinzylinder ist in Fig. 1 eine Bikonvexlinse sichtbar. Die Linse hat die Dioptrie 1. Mittels einer Nernst- oder einer Röhrenlampe, die 60 cm vor der Bikonvexlinse aufgestellt wird, wird auf einem in dieser Zeitschrift (Jahrg. XIII, S. 142) beschriebenen Projektionsgitter ein Lichtfleck hervorgebracht. Das Projektionsgitter wird ungefähr 4 m vor dem Quadrantelektrometer aufgestellt. Der Doppelanker wird durch Höher- oder Tieferstellen der Stricknadel $S_1 S_2$ so aufgehängt, daß sich der an ihm angebrachte Spiegel in gleicher Höhe mit der ausgeschnittenen Öffnung des Paraffinzylinders befindet. Der Zwischenraum zwischen dem Doppelanker und

der Stanniolbelegung des Paraffinzylinders beträgt 1 bis 4 mm. Daß der Doppelanker symmetrisch zwischen den Quadranten aufgehängt wird und vollständig frei schwingen kann, ist selbstverständlich. Zur Abhaltung von Luftströmungen wird oben auf den Zylinder eine Platte aus Glas oder durchsichtigem Zelluloid gelegt. Die Platte besitzt einen Ausschnitt, in dem sich der Aufhängefaden frei bewegen kann.

Je kleiner der Zwischenraum zwischen dem Rand des Doppelankers und den Quadranten ist, desto empfindlicher ist der Apparat. Wird aber der Doppelanker durch ein Elektroskop geladen, so muß der Zwischenraum 2 bis 4 mm betragen, da sonst wegen der hohen Spannung der Doppelanker an die Quadranten anschlägt und seine Elektrizität abgibt. Durch die größere Entfernung des Doppelankers von den Quadranten verliert der Apparat an Empfindlichkeit, und man wird sich daher Doppelanker verschiedener Größe anfertigen, damit bei den einzelnen Versuchen der passendste verwendet werden kann. Mit einem einzigen Galvanometer lassen sich ja auch nicht sämtliche Versuche anstellen.

Verbindet man den an D_1 angelegten Draht leitend mit der Erde und gibt dem Doppelanker durch das Elektroskop eine Ladung von hoher Spannung (300 bis 500 Volt), so erhält man eine Ablenkung des Lichtflecks, wenn man die in D_1 angelegte Bodenleitung aufhebt. Diese Ablenkung des Lichtflecks — kurz Leerausschlag genannt — verhindert eine genaue Ablesung, wenn ganz geringe Spannungen untersucht werden sollen. Der Leerausschlag kann durch richtiges Einstellen der an dem Fußgestell des Apparates angebrachten Stellschrauben zum Verschwinden gebracht werden. Er tritt überhaupt nicht auf, wenn man dem Doppelanker eine Ladung von geringer Spannung gibt und den Raum zwischen dem Rand des Doppelankers und den Quadranten entsprechend klein macht.

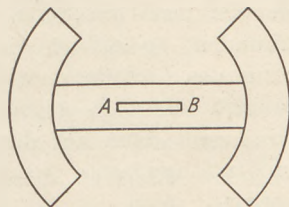


Fig. 2.

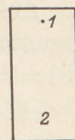


Fig. 3.

Die Ladung von geringer Spannung entnimmt man einer aus 100 Reagenzgläsern bestehenden Wasserbatterie oder einer Trockensäule. Durch Ausprobieren findet man bald die Spannung, bei der ein Leerausschlag nicht mehr eintritt.

Hält man einen mit Wolle geriebenen Kautschukstab und hierauf einen mit Leder geriebenen Glasstab in die Nähe des an D_1 isoliert angelegten Drahtes, so erfolgt eine Ablenkung des Lichtflecks nach verschiedenen Seiten. Aus der Art der Ablenkung wird man einen Schluß ziehen, ob der zu untersuchende Körper (+) oder (—) elektrisch ist.

Bringt man einen mit D_1 leitend verbundenen Kupferdraht oder Kupferstreifen in verdünnte Schwefelsäure, so zeigt sich ein Ausschlag von 4 cm nach der positiven Seite, Kohle in verdünnter Schwefelsäure gibt einen Ausschlag von 5 cm nach der positiven Seite, Zink allein in verdünnter Schwefelsäure gibt einen Ausschlag von 5 cm nach der negativen Seite. Stehen Kupfer und Zink in verdünnter Schwefelsäure, so wird die Ablenkung des Lichtflecks, wenn ein Metall zur Erde abgeleitet ist, 10 cm groß¹⁾. Die gleiche Ablenkung bringt ein Daniell'sches Element hervor. Ein Trockenelement, wie sie z. T. noch bei den Fernsprechanlagen benutzt werden, liefert eine Ablenkung des Lichtflecks von 15 cm.

Eine Edisonakkumulatorenbatterie von 4 Zellen, also 6 Volt Spannungsdifferenz, zeigt, wenn kein Pol geerdet ist, an dem einen Pol eine Ablenkung des Lichtflecks von 30 cm nach der positiven Seite, an dem anderen Pol eine Ablenkung von 30 cm nach der negativen Seite. Daher kann in dem Meßbereich von 1 bis 3 Volt die Ablenkung des Lichtflecks der Spannung proportional angesehen werden. Bei Erdung

¹⁾ Statt der verdünnten H_2SO_4 kann ebensogut Ätzkalilauge verwendet werden.

des einen Poles der Akkumulatorenatterie geht die Ablenkung des Lichtflecks über das 120 cm lange Projektionsgitter hinaus, ist daher nicht mehr meßbar.

Steckt man zwei Kohlenstifte in verdünnte Schwefelsäure, verbindet einen Stift leitend mit dem Quadrantelektrometer und leitet den anderen zur Erde ab, so erhält man keine Ablenkung des Lichtflecks.

Aus Reagenzgläsern, die mit Wasser gefüllt sind und in einem passenden Gestell stehen, sowie aus Kupfer- und Zinkstreifen stellt man eine hintereinandergeschaltete Wasserbatterie zusammen — die von mir benutzte besteht aus 9 Zellen — und untersucht den elektrischen Zustand der offenen Batterie an verschiedenen Stellen, indem man einen mit dem Quadrantelektrometer verbundenen Draht an die einzelnen Kupfer- und Zinkstreifen verbindenden Klemmschrauben anlegt. Legt man den Draht an das freie Kupferende an, so erhält man einen Ausschlag von 30 cm nach der positiven Seite. Wird der Draht dagegen mit dem freien Zinkstreifen verbunden, so erfolgt ein Ausschlag von 30 cm nach der negativen Seite. Die Ablenkung des Lichtflecks wird geringer, wenn man den Draht an die Klemmschrauben anlegt, die sich gegen die Mitte der Batterie zu befinden, wird in der Mitte Null und geht dann auf die entgegengesetzte Seite über.

Ein einzelnes Element dieser Wasserbatterie mit einem Elementenprüfer von Siemens & Halske gemessen, zeigt 0,3 Volt an, die ganze Wasserbatterie dagegen nur 0,15 Volt. Daraus geht hervor, daß sich der Elementenprüfer in diesem Falle nicht zur Messung der Spannungsdifferenz eignet.

Die aus 100 Reagenzgläsern bestehende Wasserbatterie zeigt mit dem nämlichen Elementenprüfer gemessen gar nur eine Spannungsdifferenz von 0,1 Volt an, während an jedem Pol offenbar eine viel größere freie Spannung herrscht, sonst könnte weder der Doppelanker noch bei einer späteren beschriebenen anderen Schaltung die Quadrantenpaare auf ein hohes Potential gebracht werden.

Schließt man die Akkumulatorenatterie durch einen ungefähr 4 m langen Konstantendraht von 0,5 bis 1 mm Dicke und verbindet verschiedene Punkte dieses Drahtes leitend mit dem Quadrantelektrometer, so zeigt sich auch in dem äußeren Schließungskreis ein Punkt, an dem keine Spannung nachweisbar ist.

Eine für die Schüler leichter verständliche Schaltung als die angegebene wird in der Weise ausgeführt, daß man den einen Pol der 100zelligen Wasserbatterie mit D_1 und den anderen Pol mit D_2 in leitende Verbindung bringt. Die zu untersuchende Spannung wird an S_1 angelegt. In diesem Falle versagt jedoch der mit Bleisuperoxyd oder Graphit bestrichene Kokonfaden, da er die geringen Spannungen nicht bis zu dem Doppelanker fortzuführen imstande ist.

An Stelle des Kokonfadens benutzt man bei dieser Schaltung Wolframdrähte, wie sie jetzt bei der Herstellung niedervoltiger Glühlampen verwendet werden. Lahn ist zu steif und Platindraht nicht mehr zu haben. Dadurch erspart man sich auch das jedesmalige Bestreichen des Kokonfadens mit Bleisuperoxyd oder Graphit, obwohl das Bestreichen nicht als nennenswerte Arbeitsleistung bezeichnet werden kann.

Um Spannungsdifferenzen zu messen, bringt man den Doppelanker auf ein hohes Potential, wendet also die zuerst beschriebene Schaltung an, verbindet ferner D_1 mit dem einen Pol und D_2 mit dem anderen Pol eines galvanischen Elementes. Man erhält in diesem Falle die gleiche Ablenkung des Lichtflecks wie bei den zuerst beschriebenen Versuchen, bei denen der eine Pol geerdet war.

Die Ablenkung des Lichtflecks wird größer, wenn man entweder den Doppelanker oder die Quadrantenpaare auf ein höheres Potential bringt oder den Zwischenraum zwischen dem Doppelanker und den Quadranten verkleinert.

Da die Anbringung einer Dämpfung die Empfindlichkeit des Apparates stark beeinträchtigt, ist von einer solchen abgesehen worden. Die dadurch hervorgebrachte

längere Schwingungsdauer von 1 bis $1\frac{1}{4}$ Minuten beeinflusst die Versuche weniger als die herabgesetzte Empfindlichkeit des Apparates.

Die Anfertigung des beschriebenen Quadrantelektrometers hat die Firma Koch & Sterzel in Dresden, Zwickauer Straße 42, übernommen.

Ein einfaches Drehspulgalvanometer für den Klassenunterricht.

Von

K. Lehne in Heide (Holstein).

Mehrfach sind in den letzten Jahrgängen dieser Zeitschrift Aufsätze über Drehspulgalvanometer für Schülerübungen erschienen. B. Kolbe war der erste, der im Jahrgang XXV, S. 337, sehr durchgearbeitete Meßgeräte dieser Art beschrieb und dadurch die Anregung zu den übrigen Arbeiten gegeben hat.

Versuche, die Kolbeschen Instrumente zu bauen, veranlaßten mich dazu, ein ähnliches Gerät auch für Klassenunterricht herzustellen. Die durch bescheidene Werkzeuge gebotene Einfachheit führte mich dabei von selbst zu der Form, wie sie sich bei Hahn, Handbuch für Schülerübungen, S. 346, und Dr. C. Asmus, diese Zeitschrift, Jahrgang XXVII, S. 177, findet. Somit würde sich eine weitere Beschreibung des von mir hergestellten Galvanometers erübrigen, wenn es nach meiner Erfahrung nicht ziemlich unbekannt wäre, welche große Leistungsfähigkeit sich hier mit den einfachsten Mitteln erreichen läßt.

Fig. 1 zeigt ein Lichtbild des Gerätes mit Lichtzeigervorrichtung. Wie erkennbar, stimmt die Ausführung im wesentlichen mit der eben angeführten überein. Es sei nur folgendes bemerkt:

Das Gehäuse ist so gebaut, daß das Galvanometer genau wie eine Wanduhr aufgehängt werden kann. Die dazu nötigen Regulierschrauben erhält man beim Uhrmacher.

Die beiden Magnete¹⁾ haben 15 cm lange Schenkel; sie sind in eine aus dem Grundbrett ausgestemte Höhlung eingelassen, wodurch schon eine ziemlich große Standfestigkeit erreicht wird.

Die Spule besteht aus etwa 50 m Kupferdraht (13 g) von 0,2 mm Durchmesser und doppelter Seidenspinnung. Sie ist auf eine Rolle mit abnehmbaren Seitenflächen aufgespult, mit Schellacklösung durchtränkt, vor dem völligen Trocknen abgenommen und durch Biegen in eine rechteckige oder elliptische Form gebracht. Die eine Kurzseite des Rechtecks ist mit einem schmalen Streifen Isolierband umwickelt und dann der Draht herumgelegt, welcher als Aufhängehaken dient.

Auf ihn ist auch der Spiegel mit etwas Siegelack gekittet. Ein versilbertes Deckgläschen ist wenig geeignet, zumal da geringes Gewicht neben der verhältnismäßig großen Masse der Spule weniger in Betracht kommt. Besser ist ein Stück Spiegelglas, wie es Asmus angibt. Die Fläche des Spiegels ist so bemessen, daß der Lichtkegel völlig ausgenutzt werden kann.

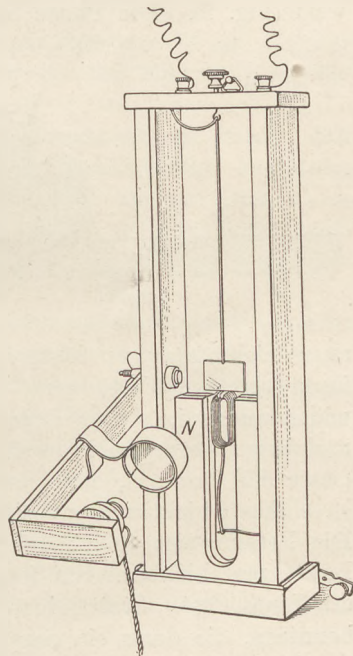


Fig. 1.

¹⁾ Bezugsquelle: Kleinig und Blasberg, Leipzig.

Der Torsionskopf besteht aus einer Messingknopfschraube, wie man sie als Schubladengriff in jeder Eisenhandlung kaufen kann, und ist in dem Deckbrett mit Reibung drehbar. Die Schraubengänge werden durch ein umgelötetes Röhrchen, in das auch der Anhängenhaken gelötet wird, verkleidet.

Als Aufhängedraht dient ein gut angeglühter Lamettafaden. Er ist um die Haken des Torsionskopfes und der Spule geschlungen, während die freien Enden an den Zuleitungsdraht bzw. an das eine Ende des Spulendrahtes mit etwas Tinol gelötet sind. Der Aufhängefaden soll möglichst lang sein, um eine geringe Torsion zu erzielen. Das Ausglühen geschieht am besten auf elektrischem Wege nach der Aufhängung der Spule.

Zur Zuleitung von unten dient ebenfalls ein geglühter Lamettafaden. Eine besondere Vorrichtung diesen zu spannen ist nicht erforderlich. Die Empfindlichkeit des Galvanometers wird erhöht, wenn er zu einer Spirale aufgewickelt wird; doch ist dies bei dem beschriebenen Instrument nicht geschehen.

Die Lichtzeigervorrichtung sitzt an einer Holzleiste von etwa 20 cm Länge, welche an dem einen Ende einen Arm als Träger der Lichtquelle besitzt. Am anderen Ende ist sie mit Hilfe einer Flügelmutterschraube an einer Seitenwand des Gehäuses drehbar befestigt, so daß die Drehachse durch den Spiegelmittelpunkt geht. Die Leiste ist durch je eine Unterlegscheibe von der Seitenwand und der Flügelmutter getrennt. Die Schraube ist natürlich am besten aus Messing zu wählen; doch habe ich zuerst auch eine eiserne²⁾ benutzt, wie sie überall käuflich ist, ohne einen Einfluß auf die Festwerte des Gerätes zu beobachten.

Eine kleine Taschenlampenbirne mit S-Faden stellt die Lichtquelle dar. Man muß eine solche mit gleichmäßiger Glaswand aussuchen. Ferner kauft man dazu eine kleine Fassung aus Porzellan, welche auf einer kreisförmigen Holzplatte befestigt wird (Fig. 2). Die Platte selbst ist in der Mitte durchbohrt und vermittelt einer

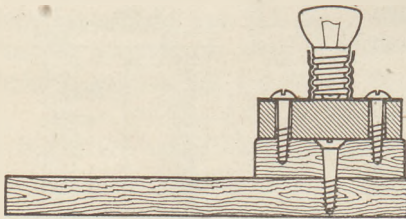


Fig. 2.

versenkten Holzschraube auf den Arm der Leiste aufgeschraubt. Hierdurch wird erreicht, daß der mittlere ziemlich geradlinige Teil des S-Fadens parallel zu den Teilstrichen der Skala eingestellt werden kann. Auch Birnen mit V-Faden sind gut brauchbar, falls wenigstens eine Hälfte des V geradlinig ist. Als Stromquelle vermeide man eine elektromotorische Kraft von mehr als 8 Volt mit Vorschaltwiderstand. Denn dieser muß dann größer sein als der Lampenwiderstand. Wie sich

aber leicht beweisen läßt, erreicht die von der Lampe verzehrte Energie erst dann ihren größten Wert, wenn der Lampenwiderstand gleich der Hälfte des Gesamtwiderstandes ist. Der Faden wird daher beim Dünnerwerden immer mehr belastet und brennt sehr bald durch. Dagegen läßt sich die Birne sehr wohl mit 4 Volt (statt 3,5) brennen, ohne daß sie dadurch bald zerstört wird.

Als Objektiv dient eine Sammellinse von geeigneter Brennweite (Brillenglas). Die Fassung ist in einfacher Weise aus einem Blechstreifen gebogen und auf der Leiste verschiebbar. Ein festgelöteter und ein federnd eingesetzter Draht ring halten die Linse fest. Statt einer Linse lassen sich auch zwei mit größerer Brennweite benutzen, die dann ein sogenanntes periskopisches Objektiv bilden würden.

Die Skala besteht aus einem vom Tischler gefertigten Rahmen ($200 \times 30 \text{ cm}^2$), der mit Zeichenpapier bespannt ist und mit zwei Deckenhaken mittels Schnüre dem Galvanometer genau gegenüber aufgehängt ist. Wie ersichtlich, kann man sie ebensogut höher wie tiefer als das Galvanometer anbringen.

²⁾ Solche Schrauben sind auch sehr gut als Apparatklemmen zu gebrauchen.

Zwischen den Anschlußklemmen in der Nähe des Experimentiertisches ist ein Kurzschlußstöpsel angebracht, durch den die Schwingungen der offenen Spule sofort gedämpft werden können.

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Instrumentes seien vorerst einige Meßergebnisse mitgeteilt. Der Widerstand der Spule samt Aufhängefaden und Zuleitung vom Experimentiertisch her ergab sich als 21Ω . Die Empfindlichkeitsmessung ergab eine Stromstärke von 1,1 Mikroampere für einen Ausschlag von 1 Skalenteil = 5 cm. Hieraus berechnet sich unter Berücksichtigung des Skalenabstandes von etwa 7 m eine Stromstärke von etwa $15 \cdot 10^{-8}$ Ampere bei einem Ausschlag von 1 mm und einem Skalenabstand von 1 m. Die Empfindlichkeit ist daher nicht sehr groß zu nennen. Es ist aber zu beachten, daß viele der käuflichen Instrumente mit größerer Empfindlichkeit auch einen viel größeren Widerstand besitzen, wodurch bei den meisten Schulversuchen die hohe Empfindlichkeit teilweise wieder verloren geht. Einige dieser Instrumente leiden auch bei geringem äußeren Widerstand an übermäßig großer Dämpfung.

Was die Ausführung der Empfindlichkeitsmessung anbetrifft, so findet sich Näheres im Kohlräsch. Will man sie im Unterricht vorführen, so würde sich vielleicht die Benutzung einer bekannten elektromotorischen Kraft in folgender vereinfachten Weise empfehlen. Aus einem großplattigen Sammler *S* (Fig. 3) von 2 Volt Spannung und einem blanken Konstanten- oder Nickelindraht von 20Ω Widerstand wird ein Stromkreis gebildet, dessen Stromstärke 0,1 Amp. beträgt. Zwei Punkte *A* und *B*, zwischen denen ein Widerstand von $0,1 \Omega$ liegt, haben eine Potentialdifferenz von 0,01 Volt. An diese Punkte wird eine Abzweigung gelegt, welche neben dem Galvanometer *G* einen Ergänzungswiderstand *W* auf 1000Ω enthält. Es fließt daher durch diesen Zweig ein Strom von 10 Mikroampere, für den der zugehörige Ausschlag abgelesen wird.

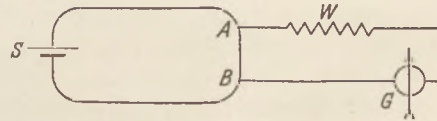


Fig. 3.

Die elektromagnetische Dämpfung ist bei kurz geschlossener Spule derart, daß der Zeiger bei der zweiten Schwingung (nach dem ersten Umkehrpunkt) zur Ruhe kommt, also denkbar günstig. Bei größerem Widerstand ist sie natürlich dementsprechend gering. Sie läßt sich vergrößern dadurch, daß um die Spule noch einige Windungen blanken Kupferdrahtes gelegt sind.

Die Schwingsdauer beträgt 2,05 sek.

Nun einiges über die Versuche, die sich mit dem Galvanometer anstellen lassen:

Ein recht dünner Cu- und Nickelindraht werden an die Anschlußklemme geschlossen und die freien Enden zusammengedreht. Die Erwärmung der Verbindungsstelle mit den Fingern gibt je nach der Temperatur des Zimmers und der Hand einen Ausschlag von 5 bis 10 Skalenteilen, aus dem sich mit Hilfe des Galvanometerwiderstandes die thermoelektromotorische Kraft berechnen läßt.

Ein Draht von 3 m Länge wird mit den Klemmen verbunden und senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien des Erdfeldes bewegt. Es erfolgen Ausschläge von etwa 1 Skalenteil. Auch ein kürzerer Draht gibt deutlich sichtbare Ausschläge. Durch Bewegungsversuche in verschiedenen Richtungen läßt sich angenähert die Inklination ermitteln.

Ein Telephon (100Ω) ergibt Ausschläge von 10 Skalenteilen, wenn die Membran mit dem Finger gegen den Magneten gedrückt wird.

Eine Influenzmaschine nach Wimshurst von 26 cm Scheibendurchmesser erzeugt einen Strom von 10 bis 15 Mikroampere.

Aus einer Sammlerkette (12 Volt), einem Schüler und dem Galvanometer wird ein Stromkreis gebildet, so daß der Strom in eine Fingerspitze der einen Hand ein-

und aus einer der anderen austritt. Aus dem Ausschlag und der elektromotorischen Kraft berechnet sich der Widerstand des menschlichen Körpers.

Ein Papierkondensator wird mit einer Sammlerkette oder mit einer anderen elektromotorischen Kraft geladen und durch das Galvanometer entladen. Aus dem Ausschlag, der Schwingungsdauer und Dämpfung ergibt sich die Elektrizitätsmenge in Mikrocoulomb und damit die Kapazität in Mikrofarad.

Diese Versuche, denen sich andere anreihen lassen, zeigen wohl, daß das Meßgerät die geringen Kosten und Mühe, die mit seiner Herstellung verknüpft sind, reichlich lohnt. Sicherlich läßt sich seine Empfindlichkeit durch Wahl eines dünneren und längeren Aufhängefadens, durch Wahl größerer Magnete und Anbringen eines Eisenkerns ohne Schwierigkeit vergrößern.

Wegen der geringen Unkosten (sie betragen 6 M.) steht auch dem nichts im Wege, zwei Instrumente mit verschiedener Dämpfung und Widerstand zu bauen. Das hier beschriebene Instrument ist bereits über zwei Jahre in Gebrauch, ohne daß das Bedürfnis nach einem kostspieligeren aufgekommen ist.

Über Zersetzungsbilder neuerer Sprengstoffe nebst Bemerkungen zur Kriegeschemie.

Von

O. Ohmann in Berlin.

Der allererste Abschnitt des jetzigen großen Weltkrieges zeitigte in den verschiedenen Zeitschriften eine erfreuliche Fülle von Versuchen und Belehrungen zur Kriegeschemie, über die auch in dieser Zeitschrift (28, 219; 279, 280) eingehender berichtet wurde. Seitdem ist es auf diesem Gebiet ziemlich still geworden (vgl. noch diese Zeitschr. 30, 151). Es bleibt aber zu wünschen, daß das Interesse an der Kriegeschemie dauernd wachbleibe, und daß aus dem Weltkriege für den chemischen Unterricht nach verschiedenen Richtungen hin ein nachhaltiger Gewinn in der Friedenszeit herausspringe. Mehr als bisher werden wir im chemischen Unterricht auf verschiedene Teile der angewandten Chemie, auf die so entscheidend ins Gewicht fallenden Sprengstoffe, die großartige Ergänzung der Ersatzstoffe für die uns vom Feinde abgeschnittene Salpeterzufuhr, die Herstellung der Edelmetalle und einzelner Metalle für Kriegs- und Friedenszwecke, auf die so grundlegend wichtige landwirtschaftliche, die pharmazeutische und Nahrungsmittel-Chemie, sowie auf hygienische Beziehungen und einiges andere einzugehen haben, wozu hoffentlich von einer weiter vorausschauenden Unterrichtsverwaltung der erforderliche Raum geschaffen werden wird.

Im Mittelpunkt des Interesses stehen während des Krieges naturgemäß die Sprengstoffe, deren fieberhafte Erzeugung zur Zeit noch die ganze Welt in Spannung erhält. Manche Einzelheiten der jetzt wohl allenthalben dargebotenen Kriegsversuche werden später in Wegfall kommen, dennoch wird grundsätzlich auch in Zukunft eine stärkere Betonung der wesentlichen und allgemeinen Seiten der Explosionserscheinungen zu fordern sein. Man wird dies dann in erster Linie dahin begründen, daß die Sprengstoffe keineswegs nur Kriegszwecken dienen, sondern auch in hohem Maße berufen sind, Kulturwerte zu schaffen. Der fast fabelhafte Aufschwung, den die Verkehrsverhältnisse, etwa vom sechsten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts an, nahmen — verkörpert vor allem in dem jetzt alle Teile unseres Planeten umspannenden Eisenbahnnetz —, er wäre in seinem Tempo unmöglich gewesen ohne die fruchtbare Entwicklung der Sprengstofftechnik, zu der insbesondere die Entdeckungen Nobels die Grundlage bilden. Die Felsprengungen bei der Spurlegung der zutage liegenden Eisenbahnlinien, der Bau des Panamakanals, der überall so stark erhöhte

Bergbaubetrieb, die unterirdischen Bauten, vom Simplontunnel bis zur Jungfraubahn, legen davon beredtes Zeugnis ab. Die große Bedeutung solcher Friedenswerke wird später der leitende Gesichtspunkt bei der Durchnahme der Sprengstoffe sein. Im folgenden soll jedoch von diesen gerade in ihrer Bedeutung für die Kriegeschemie die Rede sein.

Was die Behandlung der neueren Sprengstoffe im allgemeinen anlangt, so kann man, nach Erledigung des eine Betrachtung für sich bildenden Schwarzpulvers, nahezu die geschichtliche Entwicklung — über Schönbein (Schießbaumwolle und bereits Auffindung der verschiedenen Nitrierungen der Zellulose), Sobrero (Nitroglyzerin), Liebig (Untersuchung der knallsauren Salze), Lenk (erstes rauchschwaches Pulver), bis Nobel (praktische Auswertung der bisherigen Erfindungen, Ausbau des Prinzips der Initialzündung), Turpin (Pikrinsäure als Sprengstoff), Vieille (Vervollkommnung des rauchschwachen Pulvers), van't Hoff (letzte Ursachen der Explosivität) u. a. — zugrunde legen, um auch zur besten methodischen Einführung zu gelangen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um nähere Ausführungen zur Begriffskette: Nitrierung, Zerfallsstärke (wenn wir so Brisanz verdeutschen dürfen), Empfindlichkeit (Sensibilität), Anfangs-Anstoß (Initial-Impuls), Sprengwelle (Explosionswelle), Zerfall selbst (nebst den Zerfallserzeugnissen und Aufstellen der Zersetzungsgleichung), Kraft- und Wärmewirkungen, zwischen- und innermolekulare (intermolekulare und intramolekulare) Vorgänge, letzte Ursachen der Sprengfähigkeit. Über diese Dinge habe ich an der Hand von Versuchen und zum Zwecke unterrichtlicher Verwendung nähere Ausführungen an anderer Stelle¹⁾ gegeben und zwar unter Anführung von Literatur (vgl. auch die Besprechung des Buches in dieser Zeitschr. **30**, 47). An dieser Stelle wollen wir nur auf den eigentlichen Zerfall einiger Sprengstoffe, wie er durch den Initialimpuls ausgelöst wird, etwas näher eingehen.

Der Theorie dieses Anfangsanstoßes ist im Unterricht besondere Sorgfalt zu widmen. Mit ihr hängen die großen sprengtechnischen Fortschritte, die sich an den Namen Nobels knüpfen, eng zusammen. Es zeigte sich bald, daß man durch einen kräftigen Anfangsanstoß, zu dem man hauptsächlich Knallquecksilber verwendete, noch Stoffe zum explosiven Zerfall bringen konnte, die man bis dahin gar nicht für Sprengstoffe hielt. Die auffälligsten Beispiele sind hierfür die sonst harmlose Pikrinsäure und der noch harmlosere Ammonsalpeter. Heutzutage ist das Prinzip der Initialzündung geradezu zu einem Maßstab für die Sprengstoffe geworden: Stoffe oder Stoffgemenge, die durch explodierendes Knallquecksilber nicht zur explosiven Umsetzung gebracht werden können, rechnen nicht zu den Sprengstoffen. Hinzuarbeiten ist im Unterricht auf die Anschauung, daß wir es in dem Initialimpuls mit einem Mittel zu tun haben, um den gänzlichen Zerfall eines Sprengstoffes, die vollständige Zertrümmerung des Moleküls (bei einem einheitlichen Sprengstoff wie Pikrinsäure) zu bewirken. Bei diesem Vorgange, bei dieser Befreiung der Grundstoffe — die zunächst mit einem bestimmten Energieverbrauch verknüpft ist — bleiben gewisse Grundstoffe (hauptsächlich der Stickstoff) dauernd frei, andere stürzen sich, gemäß ihren Affinitäten aufeinander und geben unter entsprechenden exothermischen Wirkungen neue Verbindungen (hauptsächlich Oxyde).

Den näheren Einblick gewährt im einzelnen Fall die Zersetzungsgleichung, die deshalb immer heranzuziehen ist. Sie ist der kürzeste wissenschaftliche Ausdruck für die Anfangs- und Endstoffe. Dennoch haftet ihr für den Unterricht ein gewisser Mangel an; sie gibt nichts Genetisches, d. h. man erkennt nicht, wie die Endstoffe aus den Anfangsstoffen hervorgehen, es fehlt ihr daher an Übersichtlichkeit, und sie

¹⁾ Im „II. Teil: Chemie“ des Buches „Naturwissenschaften und Krieg. Ein Handbuch für Lehrer und Freunde der Naturwissenschaften. In Verbindung mit O. Ohmann, W. Könnemann, F. Lampe herausgegeben von W. Schoenichen“. Bielefeld und Leipzig 1916, Velhagen & Klasing.

hat für den Schüler eine gewisse Trockenheit. Hier läßt sich nun m. E. bei etlichen Sprengstoffen an der Hand der Konstitutionsformel und auf Grund der Zersetzungsgleichung ein Zersetzungs bild aufstellen, das über manche Schwierigkeit hinweghilft, indem es nicht nur von der ganzen Art des Zerfalls anschaulich Rechenschaft gibt, sondern auch das Entstehen der Zersetzungsprodukte übersichtlich erkennen läßt.

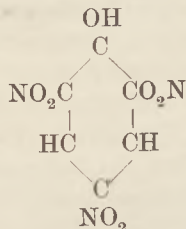
Als Beispiel sei zunächst das Trinitrophenol $C_6H_2(NO_2)_3OH$, die Pikrinsäure gewählt. Die übliche Zersetzungsgleichung lautet:



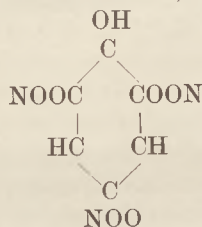
Läßt man Atomgleichungen gelten, so kann man die Gleichung noch halbieren und erhält:



Andererseits ist die Konstitutionsformel des Trinitrophenols:



Wenn wir nun hierin die Indices, die doch nur stenographische Abkürzungen sind, auflösen, also die Atome einzeln schreiben, so geht sie in die Form über:



Wenn wir ferner durch sinngemäß verwendete Verhakungen und Verklammerungen, sowie durch Pfeile die entstehenden, der Zersetzungsgleichung entsprechenden Verbindungen bzw. frei werdenden Einzelelemente kennzeichnen, so gelangen wir zu folgendem Zersetzungs bilde (Fig. 1):

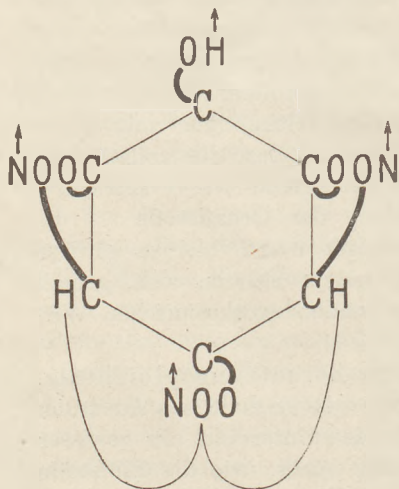


Fig. 1.

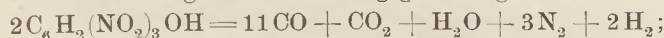
Stoffe zustande kommen, ohne daß man genötigt ist, immerfort die rechte und linke Seite der Zersetzungsgleichung zu vergleichen und in Übereinstimmung zu bringen — kurz, man überblickt an dem Bilde den gesamten Vorgang wie mit einem Schlage

Die Berechtigung zu solch bildlicher Darstellung ist daraus abzuleiten, daß es sich bei dem Zerfall der neueren Sprengstoffe (Nitroglycerin, Pikrinsäure usw.) um innermolekulare Vorgänge und um die Zerstümmung des Gesamtmoleküls durch den Anfangsanstoß handelt. Man wird natürlich bei den Verhakungen usw. danach streben, durch Symmetrie und einfachste Verknüpfungen ein möglichst übersichtliches Bild zu gewinnen. Ein solches Zersetzungs bild gewährt nun insofern eine eigenartige anschauliche Stütze für die ganze Auffassung des Explosionsvorganges, als man an ihm erstens erkennt, was an Zerfallsstoffen entsteht; das zeigt zwar die Zersetzungsgleichung ebenfalls, aber im Zersetzungs bilde sieht man es ohne Rechnen und Nachzählen; zweitens erkennt man an ihm, wie diese

Man wird nicht versäumen, darauf hinzuweisen, daß der Zerfall der Pikrinsäure nicht ganz ausschließlich, sondern nur der Hauptsache nach gemäß dem Bilde bzw. gemäß der Zersetzungsgleichung verläuft, da die wissenschaftliche Untersuchung der Endstoffe noch das Vorhandensein geringer Mengen von anderen Stoffen, nämlich von Blausäure, Oxyden des Stickstoffs, Kohlendioxyd und freiem Kohlenstoff festgestellt hat. Das Zustandekommen auch dieser Stoffe läßt sich beim Anblick des Zersetzungsbildes viel leichter verstehen als an der Zersetzungsgleichung; man erkennt z. B., wenn man etwa die Ortho- und Metagruppe ins Auge faßt, leicht, wie für jedes entstandene Molekül CO_2 entweder ein Atom freier Kohlenstoff auftreten kann, oder wie dieses Atom sich mit dem dort frei werdenden Stickstoff, sowie dem Wasserstoff der Metagruppe zu Blausäure vereinigen kann usw. So gewährt das Zersetzungsbild auch in dieser Hinsicht einen tieferen Einblick in den ganzen Chemismus der Explosion.

Für den Unterricht dürfte das obige, der Atomgleichung entsprechende Zersetzungsbild genügen, wenigstens wird es sich der Einfachheit halber empfehlen, davon auszugehen. Will man aber nur Molekülgleichungen gelten lassen, so kann man entweder oberwärts ein spiegelbildlich gleiches Molekül zeichnen und die beiden H-Atome zu einem Molekül verknüpfen (Fig. 2), oder aber ein identisches Molekül daneben stellen, in welchem nur die Hydroxylgruppe umgekehrt geschrieben ist, und dann ebenfalls die H-Atome verbinden (Fig. 3). Man ersieht unmittelbar, daß zum Entstehen eines Moleküls Wasserstoff die Zertrümmerung zweier Moleküle des Sprengstoffes erforderlich ist.

Zuweilen trifft man übrigens für die Pikrinsäure noch folgende Zersetzungsgleichung an:



auch dieser läßt sich in einem übersichtlichen Zersetzungsbilde leicht genügen. Man braucht in Fig. 2 an der oberen Hälfte (in Fig. 3 an der rechten Hälfte nur die beiden von den H-Atomen ausgehenden Bogen

nicht an das Sauerstoffatom heranzuführen, sondern sich einfach vereinigen zu lassen (zu einem Molekül Wasserstoff) und dafür das Sauerstoffatom mit dem dort befindlichen C-Atom bzw. CO-Molekül zu verknüpfen, so erhält man einerseits das Kohlendioxydmolekül der Zersetzungsgleichung und dafür ein CO-

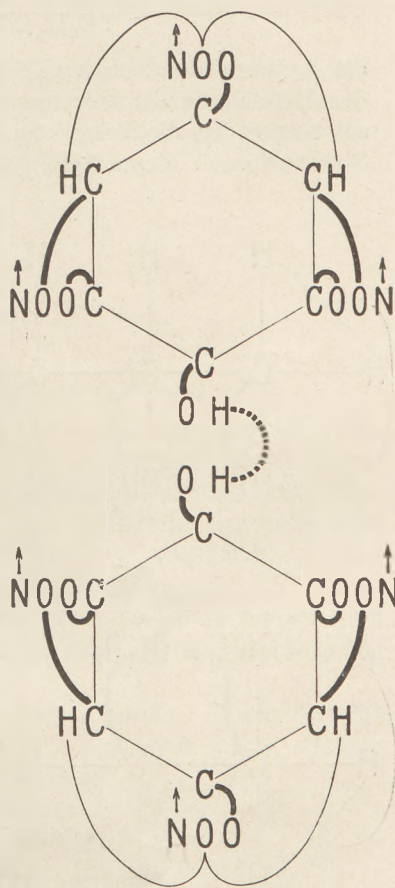


Fig. 2.

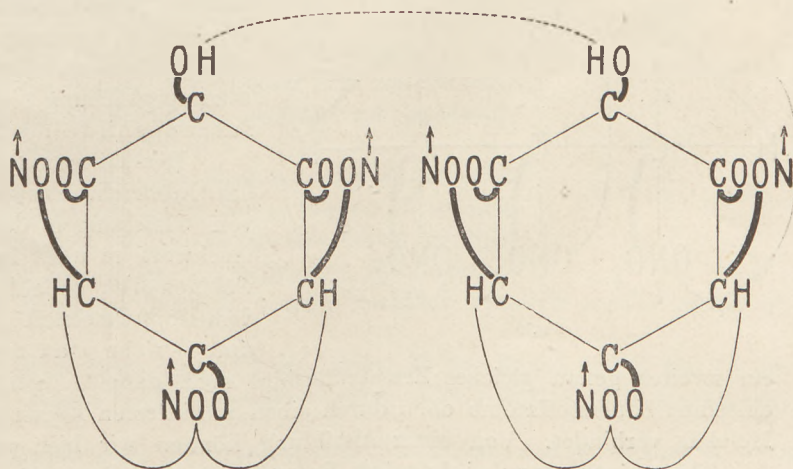
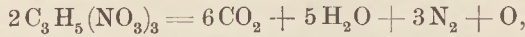


Fig. 3.

Molekül weniger und andererseits 1 H-Molekül mehr. Von einer besonderen Abbildung können wir hier wohl absehen.

Für das an sich ziemlich empfindliche Glyzeryltrinitrat $C_3H_5(NO_3)_3$ oder Nitroglycerin, das von Nobel im Gurdynamit gebändigt wurde (das seinerseits jetzt fast ganz verdrängt und durch das noch wirksamere Gelatinedynamit, die Sprengelatine, ersetzt ist) lautet die übliche Zersetzungsgleichung:



die genau genommen noch einmal zu verdoppeln ist. Wir möchten empfehlen, bei der Herstellung des Zersetzungsbildes nicht nur auf diese Verdopplung zu verzichten, sondern sogar die Betrachtung zunächst auf ein Molekül zu beschränken. In der Strukturformel dieses Sprengstoffes:

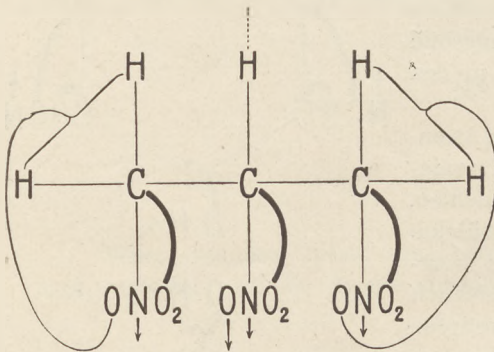
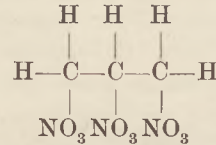


Fig. 4.



brauchen wir nicht die Indices ganz aufzulösen, sondern den Salpetersäurerest NO_3 nur als ONO_2 (wie es in der theoretischen Chemie vielfach üblich ist) zu schreiben, um zu dem nachfolgenden, vorbereitenden Zersetzungsbilde zu gelangen (Fig. 4):

Man erkennt an ihm mit großer Leichtigkeit das Zustandekommen der Hauptzerstörungsprodukte: des Kohlendioxyds, des Wassers, des freien Stickstoffs und des Sauerstoffs. Es entspricht indessen noch nicht der Zersetzungsgleichung, denn freier Wasserstoff wird nicht gebildet; es ist daher sofort anzuschließen, daß das mit Punkten markierte H-Atom sich mit dem entsprechenden, bei der Zersetzung eines zweiten Sprengstoffmoleküles frei werdenden H-Atom, sowie dem einen von den beiden zur Verfügung stehenden Sauerstoffatomen zu einem weiteren Wassermolekül vereinigt, so daß Wasserstoff überhaupt nicht frei wird. Man gelangt dann zu folgendem, der obigen Zersetzungsgleichung entsprechenden Zersetzungsbilde des Nitroglycerins (Fig. 5):

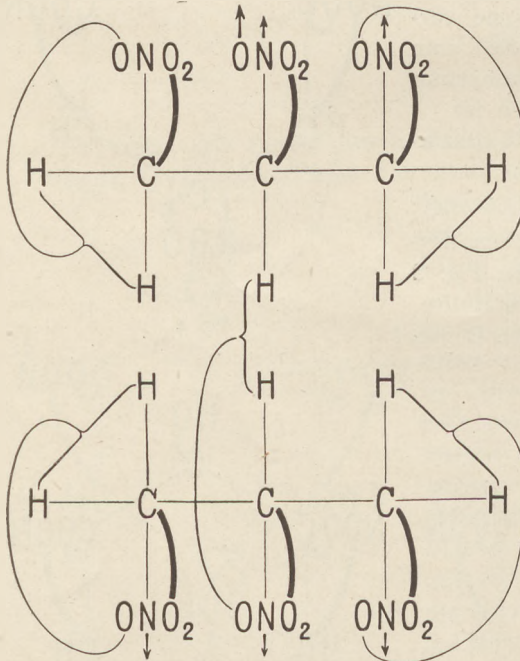


Fig. 5.

ein zweites genau gleiches Zersetzungsbild noch daneben setzt und nun die beiden einzelnen Sauerstoffatome oben durch einen punktierten Bogen miteinander zu einem Molekül verbindet. Von einer Abbildung können wir hier wohl ebenfalls absehen.

Aus einer vergleichenden Betrachtung der Zersetzungsbilder dieser beiden

Besteht man auf Molekulargleichungen (im Unterricht ist eigentlich beim Aufstellen von Gleichungen darauf zu dringen), so erschwert es wohl kaum die Übersicht — wohl gemerkt, sobald erst die Vorgänge an dem Doppelmolekül (Fig. 5) wirklich erfaßt sind — wenn man nach Analogie von Fig. 3

Sprengstoffe (Fig. 1 und 5) lassen sich noch unmittelbar mancherlei nützliche Tatsachen erkennen: dort führt die innermolekulare Oxydation des Kohlenstoffs nur bis zum giftigen Kohlenmonoxyd, so daß bei der Explosion größerer Ladungen — zumal noch, wie erwähnt, Blausäure und Stickoxyde hinzukommen — die ganze Umgebung stark mit giftigen Gasen erfüllt wird; hier dagegen führt diese Oxydation bis zum harmloseren Kohlendioxyd, es ist sogar noch etwas überschüssiger Sauerstoff vorhanden; daher kann das Nitroglyzerin durch Zusatz oxydabler Stoffe (wie Kohle oder Schwefel) noch verbessert werden.

In ähnlicher Weise lassen sich noch für andere Sprengstoffe Zersetzungsbilder aufstellen. Wir möchten empfehlen, die oben mitgeteilten in vergrößertem Maßstabe herzustellen²⁾, gegebenenfalls von geeigneten Primanern herstellen zu lassen, und glauben, daß durch die Betrachtung solcher Bilder die Einsicht in diese wichtigen Explosionsvorgänge wesentlich erleichtert wird.

Kleine Mitteilungen.

Fallversuche.

Von V. Naderer, Hauptmann und Lehrer an der Kadettenschule in Innsbruck.

Da die Ausführung wirklicher Fallversuche (z. B. in einem Treppenhaus, vom Fenster aus usw.) nicht immer möglich ist, die Fallgesetze aber, zumal auf der Unterstufe, induktiv vom Schüler erworben werden sollen, erweist sich die Verwendung von Fallschnüren im Lehrsaal von großem Vorteil. Das Auffädeln der beim Fall aufschlagenden Bleikugeln, deren Abstände sich wie 1:3:5:7 . . . verhalten, an einer der Lehrraahlöhe entsprechenden Schnur ist leicht zu bewerkstelligen.

Um nun nicht die Schnur von einer Leiter aus fallen lassen zu müssen und auch eine sofortige leichte Wiederholung des Versuches zu ermöglichen, kann folgende einfache Einrichtung getroffen werden:

An der Zimmerdecke wird eine Ringschraube *R* festgeschraubt. Durch dieselbe zieht man eine Schnur *S*, an welche man eine nach Fig. 1 aus etwa 2 mm starkem Eisendraht *D* gebogene Auslösevorrichtung an der Öse *ö* festbindet. Damit nach Auslösen der Fallschnur die Auslösevorrichtung zur Wiederholung des Versuches herabgelassen werden kann, ist an der Öse *ö* ein kleines Bleigewicht befestigt. Die Fallschnur trägt an ihrem oberen Ende einen kleinen Ring *R'*, welcher an den hakenförmigen Teil des Drahthebels *D* gehängt wird. Man kann nun die Fallschnur so hoch hinaufziehen, bis das obere Ende des Drahthebels *D* die Zimmerdecke berührt. Knüpft man die Schnur *S* irgendwo z. B. am Experimentiertische fest, so ist die Fallschnur jederzeit zur Auslösung durch Ziehen an der Schnur *S* bereit.

Eine weitere Vorrichtung zum Nachweis der Fallgesetze, welche wegen ihrer Einfachheit leicht selbst hergestellt werden kann und die doch ziemlich genaue Ergebnisse liefert und den Vorteil besitzt, daß sie gegenüber den bekannten Stimmgabelaufzeichnungen allen Zuhörern deutlich weithin sichtbar gemacht werden kann, ist folgende (Fig. 2):

Ein glatt gehobeltes Brett von 130 cm Länge, 22 cm Breite und 1 bis 1,5 cm Stärke ist mit einem ebenso breiten Streifen Papier mittels Reißnägeln bespannt. An

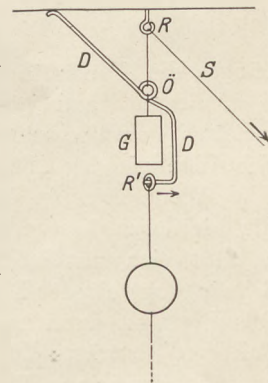


Fig. 1.

²⁾ Zur leichteren mechanischen Wiedergabe (mittelst Pantograph) sind die Figuren in etwas größerem Maßstabe gehalten.

der oberen Stirnseite sind 2 Ringschrauben R festgeschraubt, an welchen das Brett an einem stärkeren Zwirn, der durch 2 gleichweit abstehende Ringschrauben R_2 durchgezogen ist, hängt. Die Ringschrauben R_2 kann man entweder in eingepipten Holzklötzchen an der Wand oder an einem Türpfosten in einer Höhe von etwa 2,70 m vom Boden einschrauben. Das Brett muß vollkommen frei hängen.

Man stellt nun einen hohen Tisch, an welchen man einen Schraubstock festgeschraubt hat, so vor das Brett, daß eine in den Schraubstock eingeklemmte, gerade,

oben zu einer Röhre gebogene Uhrfeder F in einer vom Brett etwa 3 cm entfernten, parallelen Ebene schwingen kann.

Steckt man in den röhrenförmigen Teil der Feder F einen streng passenden, guten halbsteifen Haarpinsel, den man stark mit dünnflüssiger Tinte befeuchtet hat, befestigt man ferner an die Drahtösen δ , eines unterhalb des Pinsels um die Feder gewickelten dünnen Drahtes einen starken Zwirn, führt den Zwirn durch eine in der Höhe der Feder etwa 1 bis 1,5 m seitwärts in der Wand befestigten Ringschraube R_3 und weiter hinauf durch die ebenfalls in der Wand in der Mitte etwa 6 bis 10 cm oberhalb der Ringschrauben R_2 befestigten Ringschraube R_4 , so kann man durch Zug an diesem Zwirn die Feder F entsprechend nach seitwärts biegen und durch Festknüpfen dieses Zwirns am Zwirn Z , an welchem das Brett

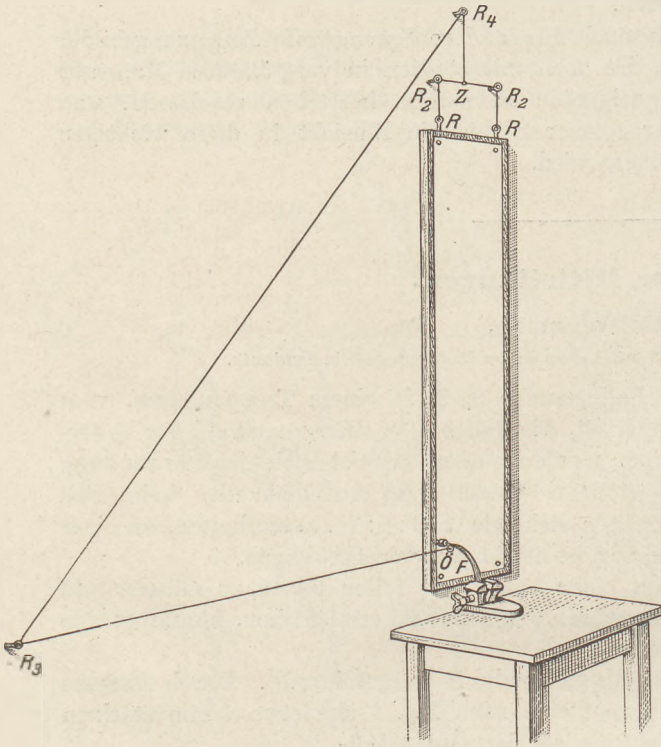


Fig. 2.

hängt, die Feder in dieser Spannung erhalten.

Brennt man jetzt an der Stelle Z den Zwirn durch, so fällt das Brett unter gleichzeitigem Losschwingen der Feder, welche durch den Pinsel ihre zeitgleichen Schwingungen als „Fallkurve“ auf das fallende Brett zeichnet.

Wenn man an den Stellen der Kurvenbäuche Tangenten zeichnet, so bestätigen die hierdurch bestimmten Abstände der größten Ausbauchungen das Fallgesetz und es läßt sich mit Leichtigkeit die Feder so in den Schraubstock spannen, daß der Schwingungszeit der Feder eine Fallbeschleunigung des Brettes von 9,81 cm entspricht. Das Brett ist dann nach Vollendung der ersten Schwingung der Feder, die in diesem Fall $\frac{1}{10}$ “ beträgt, 4,9 cm gefallen, und man erhält auf dem Brett 5 ganze Schwingungen, also einen Fallraum von 122,6 cm aufgezeichnet, was der Fallzeit $\frac{1}{2}$ Sek. entspricht.

Zum sicheren Gelingen des Versuches ist nur zu beachten, daß die Feder in einer zum Brett parallelen Ebene schwingen kann, und daß sie auch beim Spannen nicht aus dieser Ebene herausgezogen wird. Das Brett läßt man am besten auf eine weiche Unterlage (Tücher u. dgl.) fallen.

Es ist selbstverständlich, daß man statt des Schraubstockes auch ein zweimal rechtwinklig gebogenes, an der Wand befestigtes Bandeisen mit entsprechenden Schrauben zum Einklemmen der Feder verwenden kann, und daß die ganze Vor-

richtung auch auf ein größeres Brett, das jeweilig an den Experimentiertisch festzuschrauben ist, anbringen kann. Hierdurch wird die Wiederholung des Versuches sehr erleichtert.

Eine billige Quecksilberhochvakuumpumpe.

Von A. Maring S. J. (Ignatiuskolleg. Valkenburg [Holland L.]).

Die im folgenden beschriebene kleine Quecksilberpumpe mit halbautomatischem Betrieb will natürlich, was Leistungsfähigkeit und Bequemlichkeit der Handhabung angeht, in keiner Weise mit den verschiedenen modernen Hochvakuumpumpen, namentlich den Gaedeschen Konstruktionen, in Wettbewerb treten; auch ist sie im Prinzip nicht völlig neu (vgl. die von Heinz Bauer im XXIII. Jahrgang dieser Zeitschrift beschriebene Pumpe mit porösem Ventil!)¹⁾. Immerhin glaube ich, dem einen oder andern Fachgenossen, der auf Versuche mit Kathodenstrahlvakuum nicht gern verzichten möchte, dem aber keine der vorerwähnten teuren Pumpen zur Verfügung steht, mit der Veröffentlichung des Nachstehenden einen Dienst zu leisten.

Der Hauptvorteil der neuen Pumpe liegt in ihrer Billigkeit, sowohl was Anschaffungspreis als Quecksilberbedarf angeht. Ihre Herstellung erfordert bloß einfache Glasbläserarbeit und dürfte bei Verwendung käuflicher Schliffteile auch dem im Glasblasen einigermaßen geübten Lehrer nicht allzuschwer fallen²⁾. Zur Füllung genügen 250 ccm Quecksilber vollkommen, wenn natürlich auch nichts im Wege steht, bei größerem Quecksilbervorrat die Abmessungen und damit die Leistungsfähigkeit entsprechend zu erhöhen. Eine weitere Annehmlichkeit ist gegenüber den bisher gebräuchlichen Quecksilberpumpen mit Schlauch und Hebegefäß der Wegfall des mühsamen Hebens des Quecksilbers, indem diese Arbeit dem Atmosphärendruck überlassen wird, nach erstmaligem Ansaugen mit der Wasserluftpumpe.

Beschreibung der Pumpe.

Die Einrichtung der Pumpe ist aus Fig. 1 und 2 zu ersehen. *A* ist die Kugel eines Scheidetrichters von etwa 250 ccm Inhalt. An diese ist ein gewöhnliches Biegerohr angeschmolzen, das nach oben U-förmig umbiegt und in die zweite, etwas kleinere Kugel *B* endigt. Am Scheitel von *B* sitzt ein zweimal gebogenes Barometerrohr von ungefähr 2 mm Lumen, den Abschluß bildet ein zum Becher *C* erweitertes Biegerohr. In *C* ist eine Platte aus porösem Material (ich benutze mit gutem Erfolg den auf etwa 3 mm Dicke zugeschliffenen Boden einer Tonzelle für Diffusionsversuche) eingekittet.

Bei *D* ist in nicht zu geringer Höhe über dem normalen Quecksilberstand in *A* das Anschlußrohr zur Trockenkammer *F* und dem Vakuum abgezweigt. In ihm ist ein einfaches Glasventil eingeschaltet, das den Übertritt des Quecksilbers in die Trockenkammer zu hindern hat. *F* ist mit einem eingeschliffenen Glasstopfen zu verschließen, außerdem trägt es den Schliffkonus

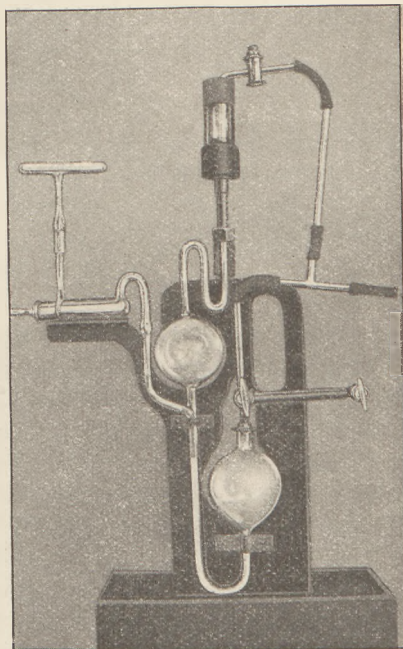


Fig. 1.

¹⁾ U. XXIII (1910) S. 91.

²⁾ Cornelius Heinz, Glasbläserei und mechanische Werkstätten, Aachen, Vincenzstr. 15, liefert die Pumpe mit Gestell (ohne Quecksilber für 30—35 M), vgl. die Ansicht in Fig. 2.

zum Aufsetzen der Rezipienten. Zur weiteren Ausrüstung der Pumpe gehören noch ein Dreiweghahn und eine gute Wasserluftpumpe.

Inbetriebsetzung und Wirkungsweise.

Man füllt zunächst die Kugel *A* mit Quecksilber und überdeckt auch die Platte in *C* mit einer nicht zu hohen Schicht des flüssigen Metalls. Destilliertes Quecksilber anzuwenden ist nicht nötig, doch muß es staubfrei und trocken sein. Dann wird der Dreiweghahn aufgesetzt und sein senkrechter Schenkel durch T-stück mit der Wasserluftpumpe und dem Raume *C* verbunden. Beginnt man, während *A* durch den wagrechten Schenkel des Hahnes mit der Außenluft kommuniziert, zu pumpen, so wird die Luft in *B* und den anschließenden Räumen durch die poröse Platte und die darüber stehende Quecksilberschicht abgesaugt, das Quecksilber füllt bald die Pumpe bis unter die Platte und bis zum Ventil *E* im Seitenrohr aus. Stellt man nun den Dreiweghahn auf Verbindung von *A* mit dem Vorvakuum, so wird das Quecksilber wieder bis unter die Ansatzstelle heruntergezogen, der Raum *B*

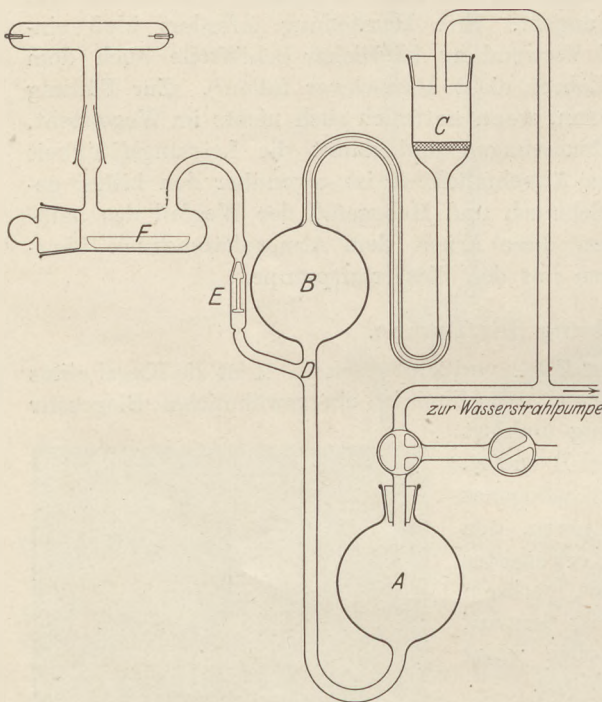


Fig. 2.

bleibt völlig luftleer zurück, da der in der unteren Biegung der Barometeröhre stehenbleibende Quecksilberfaden den nicht so vollständig entleerbaren Raum unter *C* genügend sicher absperrt. Natürlich dringt beim Niedergehen des Quecksilbers der Luftrest aus *F* durch das nachsinkende Ventil nach *B* hinüber. Durch Umstellen des Hahnes auf Verbindung von *A* mit der Außenluft treibt man nun das Quecksilber von neuem in *B* hoch und verdrängt dessen Luftinhalt. Mehrmaliges Wiederholen dieses Vorganges führt in dem angeschlossenen Rezipienten je nach dessen Größe verhältnismäßig rasch zu hohen Vakua. So trat bei meinem Modell in einer angeschlossenen Entladungsröhre mäßiger Größe schon nach 5—6 Pumpenschlägen lebhaft grüne Glasfluoreszenz auf (Druck ca. 0,03 mm Hg), die Pumpzeit betrug etwa 7 Min., vom ersten Ansetzen der Wasserluftpumpe an gerechnet.

Noch einige Einzelheiten zur Einrichtung und zum Gebrauch der Pumpe sind nachzutragen. Auf der beigegebenen Photographie des Apparates ist an dem mit der Außenluft in Verbindung stehenden Schenkel des Dreiweghahnes noch ein weiterer Hahn angebracht. Dieser ist zwar nicht streng nötig, aber doch sehr zu empfehlen, da er dazu dient, die Geschwindigkeit des Aufsteigens des Quecksilbers in *B* zu regeln. Öffnet man nämlich nach dem Herabsaugen des Quecksilbers unter *D* den Dreiweghahn zu plötzlich, so wird das Quecksilber mit großer Wucht nach *B* hineingeschleudert und gefährdet dadurch namentlich die obere Biegung des S-rohres. Hat man aber mit Hilfe des zweiten Hahnes (man kann auch einen durch Abbrechen des einen Schenkels für andere Zwecke unbrauchbar gewordenen verwenden) die Einströmungsgeschwindigkeit passend eingestellt, so kann man unbekümmert mit dem Dreiweghahn hantieren, ohne einen Bruch befürchten zu müssen.

Eine ähnliche Vorsicht ist beim erstmaligen Auspumpen anzuraten, daß man nämlich den Druckunterschied zwischen *B* und *F* nicht allzu groß werden läßt. Am einfachsten und noch dazu mit Zeitgewinn verbunden ist es, anfänglich nicht nur durch die poröse Platte, sondern auch durch das Quecksilber in *A* hindurch abzusaugen, also den Dreiweghahn nicht, wie oben des besseren Verständnisses wegen angenommen, mit der Außenluft, sondern mit der Wasserluftpumpe kommunizieren zu lassen, bis die Quecksilberhöhe in *A* und dem anderen Schenkel wieder ungefähr gleich geworden ist. Man kann dann gänzlich gefahrlos weiter pumpen.

Einige Aufmerksamkeit erfordert auch das Wiedereinlassen von Luft in den Rezipienten. Klar ist, daß man den Schliß nicht gewaltsam abreißen darf, da dabei unfehlbar das Trockenmittel (Phosphorpentoxyd) in das Ventil *E* heruntergeblasen wird und dieses verschmiert. Leicht und rasch geht das Zuführen von Luft vor sich, wenn man die Quecksilberschicht über der porösen Platte mit der Quecksilberpipette absaugt. Auch diesen Vorgang kann man durch Herüberziehen des Quecksilbers nach *A* noch etwas beschleunigen.

Bei etwa nötig werdender Reinigung des Pumpenkörpers hat man sich nur davor zu hüten, Wasser in das *S*-rohr und vor allem an die poröse Platte zu bringen, da dort ein Trocknen recht umständlich ist. Aus demselben Grunde ist es auch unumgänglich, vor die Wasserluftpumpe ein Rückschlagventil oder besser eine Sicherheitsflasche einzuschalten.

Es hätte mechanisch keine Schwierigkeit, auch das Umsteuern des Dreiweghahnes automatisch vorzunehmen und damit die Pumpe von Aufsicht unabhängig zu machen. Ich habe davon aber abgesehen, einmal um die Pumpe nicht zu verteuern, dann aber, weil gelegentlich der Quecksilberfaden, der in dem *S*-rohr stehen bleiben und *C* von *B* absperren soll, sich von der Hauptmasse des Quecksilbers nicht loslösen will. Das schadet bei Handregulierung nichts, weil man durch rasches Wiederaufdrehen des Dreiweghahnes leicht genügend Quecksilber in das *S* befördern kann. Geschieht dies nicht, so verdirbt man sich das schon erreichte höhere Vakuum, da der Raum unter *C* immer einige Millimeter höheren Druck hat, wogegen bei Beobachtung der angegebenen Vorsichtsmaßregel selbst eine geringe Undichtigkeit der Kittung wenig schadet³⁾.

Die Lunge als Blasebalg.

Von Prof. A. Keller in Karlsruhe i. B.

Wenn ein Luftstrom aus einem Rohr in ein anderes von größerem Querschnitt übertritt, bildet sich bekanntlich ein negativer Druck, eine Saugwirkung aus, die sich leicht mit dem in Fig. 1 angedeuteten Apparat nachweisen läßt, und die in den Flüssigkeitszerstäubern, Wasserluftpumpen und Sprengelschen Quecksilberluftpumpen praktische Verwendung findet.

Eine interessante Anwendung dieser Saugwirkung lernte ich vor einigen Jahren bei indischen Waffenschmieden kennen, die ihre Esse, eine große mit Holzkohlen gefüllte Tonvase, mit der Luft aus ihrer Lunge zu lebhafter Weißglut an-

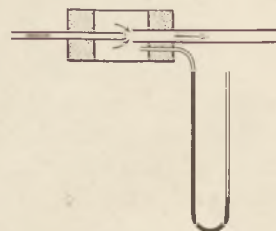


Fig. 1.

³⁾ Auf Anfrage der Redaktion fügt der Verfasser folgendes hinzu: Zur Trocknung des zu evakuierenden Gefäßes ist die Trockenkammer *F* vorgesehen, in die ein kleines Glas oder Porzellanschiffchen mit Phosphorpentoxyd eingeführt wird. Der Raum *B* braucht keine besondere Trocknung da das poröse Ventil in *C* keinen Wasserdampf nachströmenläßt. Natürlich ist das Quecksilber vor dem Einfüllen in die Pumpe zu trocknen (durch Erwärmung in emaillierter Eisen-schale bis etwa 150°). Ich habe diese Trocknung völlig ausreichend gefunden. Die königliche Porzellanmanufaktur in Berlin stellt poröse Platten her, die wohl für Luft, nicht aber für Queck-silber durchlässig sind und sich schleifen lassen. (Phys. Ztschr. XVIII, 5, 1917, S. 103.)

zufachen verstanden. Sie bedienten sich dazu eines etwa 40 cm langen Rohres von ungefähr $2\frac{1}{2}$ cm lichter Weite, das sie 8–10 cm vom Mund entfernt gegen das Feuer richteten, und in das sie mit gespitzten Lippen einen ruhigen, schwachen Luftstrahl hineinbliesen (Fig. 2). Dieser Strom wurde durch die mitgerissene frische Luft ganz außerordentlich verstärkt und führte ohne merkliche Anstrengung der Lunge den Kohlen eine große Sauerstoffmenge zu. Für viele Schulversuche läßt sich so mit einem Blumentopf voll Holzkohlen und einem gerollten Papierblatt leicht eine Esse ersetzen.

Als Analogon aus der Hydrodynamik sei hier noch eine bequeme Förderpumpe erwähnt, die sich wegen ihrer Selbsttätigkeit besonders zur Entwässerung von Kellern



Fig. 2.

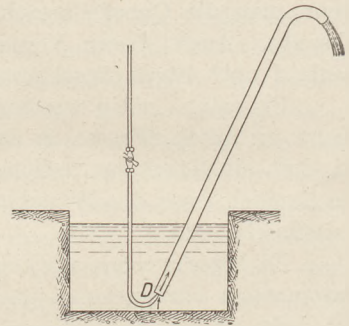


Fig. 3.

mit Grundwasser oder von abflußlosen Sammelgruben in tiefgelegenen Waschküchen usw. eignet. Die Wirkungsweise ergibt sich leicht aus der Fig. 3. Als Betriebskraft dient die Wasserleitung, die ohne Aufsicht arbeiten kann, wenn ihr Druck so konstant bleibt, daß die Ausflußgeschwindigkeit des Wassers aus der Düse *D* ständig zur Überwindung der Förderhöhe ausreicht.

Die Dampfmaschine in unseren physikalischen Handbüchern.

Von **Konrad Söger** in Steyl (Rheinland).

Meine Kriegsprüflinge werden es nicht ahnen, auf welche interessante Entdeckung sie mich durch ihre Probearbeit gebracht haben. Als schriftliches Thema hatte ich ihnen vor ihrem Abgange die Dampfmaschine gegeben und wahlweise den modernen Gasmotor.

Als ich nun die Arbeiten durchsah, stieß ich auf Einteilungen und Begriffsbestimmungen, die sicher nicht meinem Vortrag zur Last gelegt werden konnten. Ich wurde allgemach etwas ärgerlich, als ich den nämlichen Schnitzer bei einem zweiten und schließlich noch bei mehreren andern „ankreiden“ mußte. Es waren freilich meine Schwächlinge; die übrigen stellten die Sache richtig dar. Aber der Umstand, daß eine charakteristische Schülergruppe auf eine mir neue Entdeckung gekommen war, ließ mich einen schwarzen Verdacht schöpfen: Schau doch mal das Handbuch nach, Wort für Wort. Und richtig, da hatte ich es. Ich zitiere mit Absicht nicht wörtlich: Die Dampfmaschinen werden eingeteilt in Nieder- und Hochdruckmaschinen. Die Niederdruckmaschine arbeitet mit 3 bis 4 Atm. und einem Kondensator; die Hochdruckmaschine mit 8 bis 10 Atm. und schießt den verbrauchten Dampf ins Freie. Dann folgt noch eine mehr oder minder zutreffende Darstellung der Folgen der Kondensation und des freien Auspuffes. — Ich muß gestehen, ich war im ersten Augenblicke etwas ärgerlich, ärgerlich über allerlei; daß dem sonst guten Buche so eine Einteilung durchgegangen, daß ich mich nicht vorher durch gewissenhaftes Nachlesen des Handbuches von der Richtigkeit — in diesem Falle von dem

Schnitzer — überzeugt hatte usw. In dieser Stimmung griff ich zu einem anderen Handbuche, das gelegentlich in meine Bibliothek geraten. Nun schau! — die nämliche Charakterisierung der Nieder- und Hochdruckmaschine. Da wurde mein Interesse wach. Ich griff zu einem dritten Autor: Ganz die nämliche Darstellung. Ich nahm ein Buch mit allererstem Namen, freilich eine ältere Auflage — und fand das nämliche. Jetzt fehlt nur noch, daß unsere Klassiker der Physik auch gegen dich zeugen, sagte ich mir und schaute eine neueste Auflage nach. Ich war geschlagen! die Herren mußten ja recht haben. Wenn ich nicht so absolut sicher gewesen wäre, sicher aus der Praxis und doppelt sicher aus technischen Werken, dann hätte ich wohl seufzend gestanden: All die Jahre hast du nun Hunderten deiner Schüler eine falsche Darstellung der Dampfmaschine gegeben.

Ich wiederhole, ich war meiner Sache zu sicher, um vor den Herren vom Gymnasial- und Universitätskatheder die Waffen zu strecken. Es ist klar, daß ich nicht streiten will darüber, ob man für den Hochdruck die eine oder andere Atmosphäre mehr fordert. Die Verquickung der Kondensation mit der einen und des freien Auspuffs mit der anderen Maschinentype ist es, was sich nicht aufrechterhalten läßt. Alle technischen Werke über die Dampfmaschine, die mir zur Hand waren, stellen die Sache richtig dar. Selbst die Bücher aus den neunziger Jahren des verflossenen Jahrhunderts machen darin keine Ausnahme, so daß die Mutmaßung hinfällig wird, als sei die Sache in einem gewissen Stadium neueren Maschinenbaues einmal so gewesen.

Sowohl die Niederdruckmaschine wie die Hochdruckmaschine, und zwar die Einzylindermaschine, wird mit und ohne Kondensation, also ohne und mit freiem Auspuff gebaut. Wer es noch immer nicht glauben will, sehe doch einen Katalog einer Maschinenfabrik nach. Ich habe deren mehrere vor mir liegen, und sie alle bestätigen meine Behauptung.

Wenn man überhaupt einen Gedanken verbinden will mit dem freien Auspuff bei der Hochdruckmaschine, so wäre es etwa der, welcher zur Erfindung der Stumpfschen Gleichstrom-Dampfmaschine geführt hat; die zwei- und mehrstufige Expansion beruht auf ähnlichen Erwägungen. Wenn die Erzeugung hochgespannten Dampfes praktisch genommen kaum teurer ist als die von Niederdruck, und wenn andererseits die Arbeitsfähigkeit des Dampfes der Atmosphärenzahl proportional gesetzt werden kann, so muß das den Maschinentechner zu immer höheren Drucken hindrängen. Aber die Ausnutzung hoher Drucke in ein und demselben Zylinder ergibt für den Zylinder sehr hohe Temperatursprünge, namentlich dann, wenn die Kondensation hinzukommt. Beim Beginn der Arbeitsperiode mit 10 Atm. haben wir bei Sattdampf rund 179°C und am Ende im Kondensator etwa 50°C , also in ein und demselben Zylinder eine Temperaturdifferenz von ca. 130°C . Es muß demnach beim Eintritt des hochgespannten und hochtemperierten Dampfes in dem abgekühlten Zylinder ein starker Wärmeverlust eintreten. Diese Überlegung zeigt uns wenigstens die Richtung, in der bei den einfachen Maschinen mit einem Zylinder die Grenzen zu suchen sind für immer höhere Kesseldrucke. Weiter kann man meines Erachtens nicht gehen in der Darstellung. Denn wollte man folgern, daß deshalb die Kondensation bei einzylindrigen Hochdruckmaschinen nicht in Frage kommen kann und nicht ausgeführt wird, so käme man mit den Tatsachen und auch mit der Theorie in Widerspruch.

Es mag wohl manchen meiner Kollegen interessieren, daß die Dampftabelle von Zeuner im Unterrichte der ganzen Wärmelehre außerordentliche Dienste leisten kann. Ich habe mir ein Diapositiv hergestellt, nachdem ich die Tabelle stark zugestutzt und zusammengezogen hatte. Die Tabelle findet sich im 3. Bande von Müller-Pfaundler und sonst noch an vielen Stellen. Um alles auf eine einzige Platte zu bekommen, begnügte ich mich mit den folgenden Kolonnen: kg/cm^2 ,

Sättigungstemperatur, Flüssigkeitswärme, Gesamtwärme, Verdampfungswärme, Raumvergrößerung in m^3/kg . Die Zahlen 0,1 bis 1 Atm. steigen in Zehntel Atm.; von 1 bis 5 in halben Atm.; von 6 bis 20 dagegen in ganzen Atm. Dies nebenbei.

„Die Regulierung der Tourenzahl bei verschiedener Belastung geschieht durch ein Drosselventil“ — so oder ähnlich werden wir des öfteren belehrt. Es ist nicht so. Nur in Ausnahmefällen, wo die Dampfökonomie keine Rolle spielt, wo die Einfachheit und Billigkeit der Maschine allein in Frage kommt, stimmt die Angabe. Ich würde auch nicht allzu großen Wert auf diesen Punkt legen, wenn wir heute noch am Indikatordiagramm in der Physikstunde vorübergehen dürften. Wir können das nicht, wenn wir nicht eine der besten Gelegenheiten zur Einübung des „Funktionsbegriffes“ versäumen wollen. Zudem weist jedes Lehrbuch auf den Unterschied von PS_e und PS_i hin. Wie soll der Schüler das verstehen ohne den Indikator begriffen zu haben? Nur darf man dann beileibe nicht mit der Enthüllung kommen, daß der Nutzeffekt (PS_e) bei der Dampfmaschine etwa 11% der indizierten Leistung beträgt. Was soll der Schüler von so einem Satz in Fettdruck nur denken? Der Verfasser verwechselt den „technischen“ Wirkungsgrad mit dem „thermodynamischen“. Doch kommen wir auf den Ausgangspunkt zurück. Die Regulierung geschieht heute regelmäßig durch die Steuerorgane in der Weise, daß der „Füllungsgrad“ geändert wird und damit auch das Arbeitsdiagramm. Man sollte es nicht versäumen, sich bei Gelegenheit einige Diagramme zu erbetteln. Irgendwelcher materielle Wert steckt in den Blättchen ja nicht. Wo eine Maschine ohnehin indiziert werden muß, ist es völlig gleichgültig, ob der Maschinentechniker 5 oder 10 Indikatordiagramme aufnimmt. Kann man die Konstanten des Indikators dazubekommen, so ist das neben den Konstanten der indizierten Maschine die Grundlage einer schönen Arbeits- resp. Leistungsberechnung für die Klasse.

Bei den Gasmotoren findet man den Dieselmotor noch kaum beschrieben oder gar nur erwähnt. Ich nehme ihn seit Jahren ausführlich durch, schon deshalb, weil man einen großen Teil der Repetition der Wärme Gesetze ganz versteckt hineinschmuggeln kann. Wer meint, daß ein derartiges Eingehen auf Einzelheiten der Technik sich nicht bezahlt macht, der übersieht wohl, wie schwer die Technik gerade mit diesen wissenschaftlichen Problemen gerungen hat und was alles sie an Wärme Gesetzen in diese Maschine hineingearbeitet hat. Freilich, eine Arbeit, welche den Dieselmotor oder besser die Gleichdruck-Ölmotoren nach ihrer physikalischen Seite populär-wissenschaftlich darstellt, kann ich nicht nennen. Und nicht jedermann kommt in der Praxis einem Dieselmotor nahe genug, um ihn gut kennen zu lernen. Mit welcher Spannung waren meine Jungens dabei, als ich ihnen darlegte, wie sehr unsere U-Boote und ihr Riesenvorsprung auf der technisch-wissenschaftlichen Überlegenheit des deutschen Dieselmotor-Konstrukteurs beruhe. Wir haben zusammen die thermodynamische Bilanz gezogen für die Gewichtsausnützung der Treibstoffe in der Dampfmaschine einerseits und im Dieselmotor andererseits. So konnten es die Schüler mit Händen greifen, wie inhaltschwer das Wort „Aktionsradius“ eines U-Bootes ist und wodurch es seinen Inhalt bekommt. Und weil wir einmal beim Kriege angekommen sind, sei es mir gestattet, noch auf eines hinzuweisen. Ich habe es versucht. Man hole im physikalischen Unterricht die Problemstellung aus Vorstellungskreisen, die unsere Gymnasiasten fesseln, z. B. aus dem Kriegsleben, aus unserer Überlegenheit dem Feinde gegenüber. Ich sage absichtlich, die Probleme; denn das Ausmaß an Zeit und an Ausdehnung des Stoffes können wir für das Unterrichten schlechterdings nicht einzig bei Mars entlehnen. Man hält auf diese Weise das Interesse von Anfang bis zum Ende wach. Und wo das Interesse, da ist auch der Erfolg.

Steyl, Gymnasium.

Kleiner elektrischer Projektionsapparat für Glühlicht und Batteriebetrieb.

Von Ingenieur **Walther Biegen** von **Czudnochowski** in Berlin.

1. Einleitung. Seit Beginn des gegenwärtigen Krieges haben die „elektrischen Taschenlampen“ eine ungeahnte Bedeutung und Verbreitung erlangt, und dies hat, wie in andern ähnlichen Fällen, stark verbesserungsfördernd gewirkt. Seit einiger Zeit wird nun von der Allg. El. Ges. zu Berlin eine sehr handliche Lampe in schwarzem Blechgehäuse mit Klappdeckel, Metallreflektor, Metallfadenlampe und Glasguß-Plan-konvexlinse in den Handel gebracht, welche noch in ~ 8 m Entfernung einen Lichtkreis von reichlich 1,5 m Durchmesser und ausreichender Flächenhelligkeit ergibt. 1 m Lichtfelddurchmesser entspricht ~ 25 fache Vergrößerung, 1,5 m ~ 37 facher.

2. Grundgedanke. Setzt man vor die Lampe ein Transparentbild und vor dieses ein Projektionsobjektiv, dann kann man sich von der Wirksamkeit dieser Zusammenstellung als Projektionsvorrichtung sehr leicht überzeugen, und es erstreckt sich, wie leicht festzustellen, die Verwendbarkeit auch auf die Projektion anderer Objekte, z. B. Apparate, Versuche und Versuchsanordnungen usw., wie u. a. der Blättchen eines Elektroskops (Ionennachweis, Ionisierung durch Strahlen, Radioaktivität) Elektrolysen, Farbenreaktionen und dergl. Dies veranlaßte mich zum Entwurf der nachstehend beschriebenen Anordnung, deren Abmessungen durch die eingangs erwähnten Versuche festgestellt wurden.

3. Konstruktion. Auf einer kleinen „optischen Bank“ von 350–400 mm Länge aus Holz, ~ 100 mm breit, mit breitem Schwalbenschwanzschlitz, welcher von der einen Schmalseite bis ~ 60 mm vom anderen Ende reicht, Fig. 1, werden am letztgenannten Ende zwei Blechklammern nach nebenstehend in Fig. 2 gezeigter Form so befestigt, daß die Axe des Strahlenbündels wagrecht und parallel zur Mittellinie des Grundbrettes liegt.

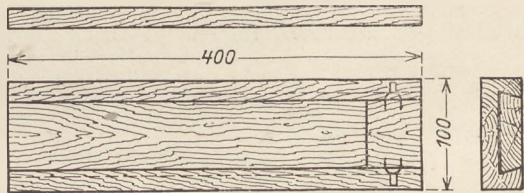


Fig. 1.

Ein Schieberbrett von ~ 80 mm Breite und ~ 20 mm Dicke erhält einen Aufsatz mit einem Loch solcher Abmessung, daß ein vorhandenes Objektiv eines vorhandenen Projektionsapparates — Laterna magica — von ungefähr 3–3,5 cm Durchmesser gut passend hineingesetzt werden kann, Fig. 3.

Auf einen zweiten Schieber von ~ 25 –30 mm Breite mit rundem Ausschnitte, wie die Linsenöffnung, wird ein senkrecht dickes Brett befestigt, Fig. 3, und an diesem einseitig zwei Leisten nebenstehender Gestalt, Fig. 4, und in solchem gegen-

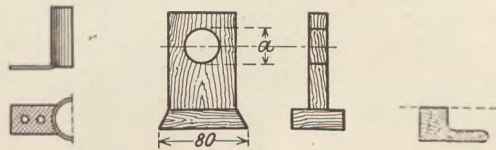


Fig. 2

Fig. 3.

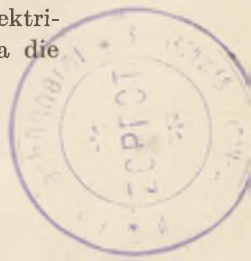
Fig. 4.

seitigen Abstände, daß vorhandene Bilder verwendet werden können. Ein dritter Schieber erhält ein kleines Tischchen mit Stift am Boden, mittels welchen es in einer mittlings auf dem Schieber befestigten Säule senkrecht verschiebbar

und durch Druckschraube in jeder Höhe festgestellt werden kann. Dieses Tischchen dient zur Aufnahme von kleinen Apparaten und Versuchsanordnungen, welche man zeigen will.

4. Vorteile. Der Apparat besitzt den großen Vorzug, sofort betriebsfertig zu sein; Lichtquelle und Stromquelle sind jederzeit verwendungsbereit: ein kleiner Druck auf den in die Lampe eingebauten Schalter genügt zur dauernden Betätigung bzw. Außerbetriebsetzung.

Die Anordnung ist einfach und bequem; sie besitzt alle Vorteile einer elektrischen Projektionseinrichtung, ist leicht handlich und dabei wenig kostspielig, da die Lampe mit Batterie 2,50 M erfordert.



Ersatzlampen und Ersatzbatterien sind jederzeit billig, auch in kleineren Orten, zu erhalten und auszuwechseln.

Das Grundbrett ist in der erforderlichen Größe einschließlich der Schieber für $\sim 3-4$ M. höchstens¹⁾ in guter Ausführung aus Hartholz herzustellen.

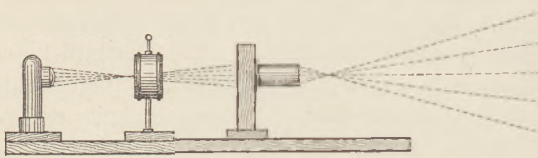


Fig. 5.

Als Objektiv kann ein vorhandenes oder ein solches von einer billigen Laterna magica verwendet werden.

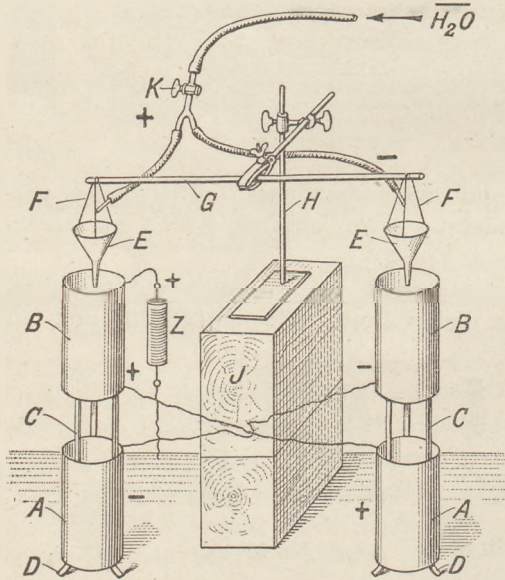
Der ganze Apparat Fig. 5 läßt sich daher für wenige Mark, alles in allem einschließlich Lampe für ~ 10 M. herstellen und ist sehr vielseitig mit Erfolg verwendbar²⁾.

Eine einfach herzustellende Wasserinfluenzmaschine.

Von Ingenieur **Walther Biegon** von **Czudnochowski** in Berlin.

Die bekannte Wasserinfluenzmaschine*) eignet sich wegen ihrer Übersichtlichkeit sehr gut zur Erläuterung des Multiplikationsprinzips für Verstärkung statischer Ladungen und damit der Wirkungsweise der Influenzmaschinen. Man kann sich nun eine solche Wasserinfluenzmaschine sehr leicht in folgender Weise mit geringer Mühe herstellen.

Zwei Blechbüchsen — sogen. „Konservbüchsen“ — AA werden mit je einer zweiten gleichen, BB , mittels je dreier Siegellackstäbchen CC derart verbunden, daß die Stäbchen zunächst auf den etwas erwärmten Rand von A gekittet, und dann nachdem aus BB durch Erhitzen die Böden ausgelötet sind, erstere noch warm in die Siegellackstäbchen etwas hineingedrückt werden.



Unter AA werden zur Isolierung noch je drei Siegellackklötzchen DD gekittet.

Dann werden zwei kleine Blechtrichter EE mittels je dreier Seidenfäden FF an einem Holzstabe G aufgehängt, der von einem Retortenhalter H auf genügend hoher Unterlage — Kiste — I getragen wird

Der Anordnung wird Wasser über ein Dreiwegstück mit Hahn, K , Schläuche und gläserne Ausflußrohre mit enger Mündung zugeführt.

Durch Zusammendrücken, besser durch Einsetzen gekerbter Holzstäbchen, werden die Ausflußöffnungen der Trichter so weit verkleinert, daß die beiden austretenden

¹⁾ Friedenspreise.

²⁾ Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei hier ausdrücklich gesagt, daß dieser Apparat nicht einen Ersatz für größere Projektionsapparate darstellen soll, sondern vielmehr bestimmt ist, die Anwendbarkeit der Projektion zu erweitern und sie schon bei Vorhandensein geringerer Mittel zu ermöglichen; dadurch wird die Vorführung der betr. Versuche und Vorgänge wesentlich eindrucksvoller und deutlicher.

*) Man vgl. auch A. Schmauß, diese Zeitschr. 15, 86.

Wasserstrahlen gerade mitten in BB aus dem geschlossenen Zustand in tropfenförmige Verteilung übergehen.

AA sind so groß zu wählen, daß sie genügend Wasser aufzunehmen vermögen, um den Apparat eine längere Zeit zwecks hinreichend deutlicher Wirkung in Betrieb halten zu können.

Zum Versuche wird eines, z. B. das linke der B -Gefäße, mit dem einen Pole einer an anderen Pole abgeleiteten Trockensäule verbunden, ferner A_{links} mit B_{rechts} und B_{links} mit C_{rechts} . Ist z. B. B_{links} $+$, dann gelangt infolge Influenzwirkung auf den Wasserstrahl — El. durch die Tropfen nach A_{links} von diesem aus auch nach B_{rechts} wirkt auf den dortigen Strahl entsprechend, so daß dieser positive Ladungen nach A_{rechts} bringt. Von hier aus wird dann die Ladung bzw. das Potential von B_{links} verstärkt, was entsprechend mittels Einwirkung auf den linken Wasserstrahl die Ladung von A_{links} und damit auch die von B_{rechts} beeinflußt. Die Potentiale steigen sehr rasch bis zur bequemen Nachweisbarkeit durch ganz grobe Elektroskope bzw. zu einer zur Erzeugung kleiner Funken genügenden Höhe.

Die Anordnung dürfte sich wegen ihrer Einfachheit und leichten Herstellbarkeit zu häufigerem Gebrauch, besonders zwecks Erläuterung des „Multiplikationsprinzips“ und des Prinzips der Influenzmaschine eignen.

Über die elektrische Kapazität gerader Drähte.

Von Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a. H.

Vielen Fachgenossen dürfte die überraschend große Kapazität dünner gerader Drähte längst bekannt sein. Es liegt ja nahe, bei Erörterung des Kapazitätsbegriffs einem geladenen Elektrometer nicht bloß durch kugelige oder zylindrische isolierte Konduktoren einen Teil Ladung fortzunehmen, sondern auch durch Berührung mit dem Verbindungsdraht. Verf. tut das seit nahezu 30 Jahren. Jedesmal wird den Schülern vorher die Frage gestellt: Wird dieser dünne Verbindungsdraht von 75 cm Länge wohl annähernd soviel Elektrizität fassen, wie unser Kugelkonduktor von 10 cm Durchmesser? Die Antwort ist natürlich immer verneinend. Der Versuch bringt dann die große Überraschung, daß das Elektrometer bei Berührung mit dem Draht ebenso weit abfällt wie durch die Kugel. Noch unglaublicher erschien die weitere Beobachtung, daß ganz feiner Draht nahezu die gleiche Kapazität hatte, wie gröberer. Diese Erfahrung läßt sich noch durch einen Gegenversuch mit dem Faradayschen Eimer bekräftigen. Eine zylindrische Blechbüchse ohne Deckel von etwa 15 cm Weite und doppelter Höhe wird mit dem Elektrometer verbunden. Zuerst senkt man die an einer Leydener Flasche geladene 10 cm-Kugel hinein, hinterher läßt man einen in gleicher Weise geladenen Lamettafaden von 75 cm hineinfallen. Beide Male erfolgt der gleiche Ausschlag.

Die große Kapazität feiner Drähte ist demnach eine sichere und mit den einfachsten Mitteln leicht zu zeigende Tatsache.

Trotz ihrer Wichtigkeit für die Schulelektrometrie wird von den Schulbüchern darauf keine Rücksicht genommen. Auch in der neuesten Auflage eines unserer besten großen Lehrbücher der Physik heißt es bei Schilderung von Vorlesungsversuchen über elektrische Kapazität, daß die Kapazität des Verbindungsdrahtes bei hinreichender Feinheit desselben vernachlässigt werden dürfe. Ein führendes Lehrbuch mittleren Umfangs aus der Feder eines hervorragenden Experimentators und Schulmanns spricht in dem betreffenden Abschnitt von dünnen „kapazitätsfreien“ Verbindungsdrähten und bezeichnet Lametta ausdrücklich als solchen.

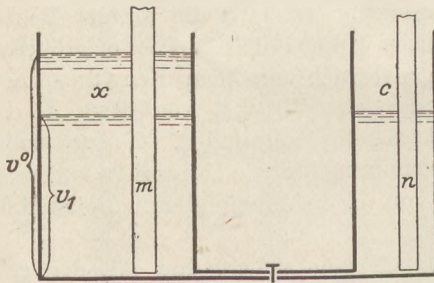
Nach diesen Feststellungen erscheint eine schärfere Beleuchtung dieses Kapazitätsproblems immerhin noch wünschenswert. Mit Hilfe des vor Jahresfrist in dieser

Zeitschrift veröffentlichten schulmäßigen Lichtzeigerelektrometers ließ sich die Untersuchung mit großer Genauigkeit durchführen. Da dies Instrument im Bereiche von 200—600 Volt noch Einzelvolts der ganzen Klasse sichtbar anzeigt und dabei binnen 2 Sekunden entsteht, konnten ausgedehnte Beobachtungsreihen leicht und schnell erledigt werden.

Zunächst war eine Voruntersuchung erforderlich zur Feststellung der Elektrometerkapazität. Man befolgte die einfache Methode, das auf eine beträchtliche Spannung geladene Elektrometer mit einer Kugel von 5 cm Radius zu berühren und die dadurch auf V_1 herabgesenkte Spannung in bekannter Weise zu verrechnen.

Für derartige Messung ist das Elektrometer mit einem mindestens 30 cm hohen Drahtaufsatz zu versehen, auf dessen Spitze der sicheren Berührung wegen ein Platinplättchen von 1 cm im Quadrat gelötet worden. Bei kurzem Aufsätze würde die vom Elektrometergehäuse ausgehende Kondensatorwirkung arge Fehler veranlassen. Nebenbei kommt, weil das Elektrometer selbst 25 cm hoch ist, die Spitze unsers Aufsatzes und die damit in Verbindung gebrachten Körper 55 cm hoch über den Experimentiertisch zu liegen, so daß dessen Influenzwirkung auf ein unschädliches Maß herabgebracht ist. Selbstverständlich muß auch der isolierende Stiel, an welchem die Kugel oder andere Körper von oben her mit dem Drahtaufsatz in Berührung gebracht werden, mindestens 40 cm lang sein und mit gestrecktem Arm gehalten werden. Dieser Stiel ist vor Ausführung des Versuchs durch eine Bunsenflamme zu ziehen. Dabei ist eine schlimme Fehlerquelle wohl zu beachten, nämlich die Elektrisierung des Griffs durch die Hand oder Finger. Bei besonders trockner Hand genügt bloßes Anfassen einer Hartgummi- oder Siegellackstange, um sie so stark zu erregen, daß sie beim Annähern an das geladene Elektrometer dessen Ausschlag um 20 Volt und mehr verändert. Das neue Elektrometer zeigt unerbittlich jedes Versehen und enthüllt manche recht unliebsame Nebenerscheinungen. Mit der lässigen Experimentierkunst, welche bei den gebräuchlichen groben und kurzskaligen Elektrometern hübsche Erfolge erzielte, ist nun nicht mehr auszukommen.

Bei allen nunmehr mitzuteilenden Messungen wurde dem Elektrometer mit Hilfe eines Zwergelktrophors und eines Holzstäbchens zum Fortnehmen überschüssiger Ladung stets die nämliche Ausgangsladung von 500 Volt erteilt. Wird nun das er-



wähnte Plättchen am Drahtaufsatz mit der 5 cm Kugel berührt, so sinkt der Ausschlag auf 384. Aber dieser bleibt beim Fortnehmen der Kugel nicht bestehen, sondern geht auf 371. Dieses zwiespältige Ergebnis ist eine Folge des für die Elektrometrie so verhängnisvollen Gesetzes, daß die Kapazität zweier sich berührender Körper stets geringer ist, als die Summe der Einzelkapazitäten. Seinen Einfluß auf das Endergebnis zeigt das hydrostatische Gegenbild. Es ist so, als sei während der

Druckausgleichung des vom Gefäße x Fig. 1 nach dem vorher leeren Gefäße c überströmenden Wassers der Querschnitt beider enger geworden, etwa durch Einstellen schmaler Vollzylinder m und n . Nach Aufhebung der Verbindung sind m und n wieder fortzudenken. Es ist nun offensichtlich, daß der Quotient der Druckhöhen nur dann mit oder ohne die Stäbe gleich bleiben wird, wenn die Querschnitte von m und n denen von x und c proportional sind oder, ins Elektrische übersetzt, wenn während der Berührung die beiden Kapazitäten sich ihrer Größe entsprechend verringern. Daß diese Voraussetzung bei so unsymmetrischer Zusammenstellung, wie Kugel und Elektrometer, nicht erfüllt wird, unterliegt keinem Zweifel. Demnach birgt die so einfach und einwandfrei erscheinende Methode einen unvermeidlichen

und unbestimmbaren Fehler. Glücklicherweise weichen die beiden Ziffern 384 und 371 nur um 3,5 Prozent voneinander ab, wonach der Fehler im Endergebnis sich nicht auf mehr als ein Prozent belaufen wird, also für unsern Zweck unerheblich ist. Wir berechnen nunmehr aus $(x + 5)/x = 500/371$ $x = 14,4$ als elektrostatische Kapazität unsers mit Drahtaufsatz versehenen Elektrometers.

Nebenbei bemerkt hat das Braunsche Elektrometer ziemlich die gleiche Kapazität, während gewöhnliche offene Blattelektrometer bis auf 2 herabgehen können.

Nunmehr konnte nach gleicher Methode die Kapazität gerader Drähte bestimmt werden, indem man diese in Vertikallage von oben mit dem Plättchen des auf 500 geladenen Elektrometers in Berührung brachte, wieder entfernte und den neuen Ausschlag in Rechnung zog.

Die Drähte wurden mit Siegellack an einen 50 cm langen Hartgummistiel befestigt. Die ganz feinen trugen, um sie zu straffen, am unteren Ende eine 1,5 cm dicke Siegellackkugel.

Die zuerst mitzuteilende Versuchsreihe soll den Einfluß der Länge auf die Kapazität dünner Drähte erweisen. Aus 0,6 mm Draht, welcher durch Ausrecken gerade gerichtet worden, entnahm man Abschnitte von 100, 20, 33,3, 35, 12,5 cm Länge.

Diese bewirkten Ausschläge V_1 gleich 345, 403, 430, 444, 468, woraus sich berechnen $c = 6,47, 3,46, 2,34, 1,80, 0,97$. Die Kapazitäten sind demnach den Drahtlängen nicht ganz proportional, was auch eine einfache Überlegung voraussehen ließ. Die schwierige und nur näherungsweise ableitbare theoretische Formel

$$c = \frac{l}{2 \log \text{nat} \frac{2l}{r}}$$

führt zu den Werten: 5,68, 3,08, 2,16, 1,68, 0,93.

Weit mehr interessiert uns die nachfolgende Tafel, welche die Abhängigkeit der Kapazität von der Drahtdicke zeigt bei einer gleichen Länge von 50 cm.

d	5	2	1,2	0,6	0,2	0,1	0,05 mm
V_1	376	388	394	403	415	417	418 „
c	4,72	4,15	3,88	3,46	2,93	2,86	2,82 „
<i>Theor.</i>	4,17	3,62	3,38	3,08	2,72	2,51	2,42 „

Die nach der Formel theoretisch errechneten Werte sind für Längen von 50 cm und darüber ziemlich übereinstimmend um 13% niedriger als die wirklich gefundenen. Alle führen zu dem Schlußergebnis, daß auch sehr feine Verbindungsdrähte eine überraschend große Kapazität besitzen, die im Vergleich mit derjenigen von Kugeln, Elektroskopen, Elektrometern, wie solche bei der schulmäßigen Begründung des Kapazitätsbegriffes in Anwendung kommen, durchaus nicht vernachlässigt werden dürfen.

Für die Praxis.

• **Ein osmotisches Modell des Lungenbläschens.** Von Prof. Dr. F. Küspert in Nürnberg. Ein solches Modell, das auch den Gasaustausch zwischen der pflanzlichen Zelle und der Atmosphäre zu erklären gestattet, kann man leicht nach beistehender Abbildung zusammenstellen. Dem Lungenbläschen entspricht der Glockentrichter G , der osmotisch (nicht porös) durchlässigen Lungenbläschenwand die Membran M aus feuchter Schweinsblase; das im Außengefäß F befindliche Wasser entspricht dem Blute, die Ätherdampfzuführung dem zu resorbierenden Sauerstoff.

Man füllt — bei bereits feuchter Membran — mit Hilfe einer Pipette Äther in den Glockentrichter, schüttelt um und spannt die Vorrichtung in der durch die Abbildung

wiedergegebenen Stellung ein. Der auslaufende Äther kann sich sehr wohl auf dem Quecksilber des untergestellten Gefäßes *Q* sammeln; es schadet zum mindesten nichts. Wenn jetzt noch das Mantelgefäß mit Wasser von Zimmertemperatur gefüllt und dann erst das Ende des Trichterrohres in Quecksilber gesenkt wurde, ist alles vorbereitet. Schon nach etwa einer Viertelstunde ist das Quecksilber einige Zentimeter über den Spiegel hochgezogen, nach einer Stunde ungefähr hat es bereits $\frac{3}{4}$ des Rohres gefüllt und das Wasser riecht deutlich nach Äther, besonders wenn man das Mantelgefäß zugedeckt gehalten hatte. Nun macht sich freilich eine andere Erscheinung geltend: Es tritt nämlich Wasser durch die Membran herein und nach genügend langer Zeit sieht man wohl die halbe Glocke voll davon. Doch braucht dies zwar, wenn man fürchtet, Verwirrung anzurichten, nicht gezeigt zu werden; für reifere Schüler kann aber dies Ergebnis doch Gegenstand verallgemeinernder Erörterungen sein.



Daß dem Versuch Betrachtungen über das Verdampfen des Äthers und die Absorption des Ätherdampfes (Schütteln einer damit gefüllten Flasche nach Beigabe von etwas Wasser) sowie über die einem gänzlich luftfrei vollgesogenen Schwamm vergleichbare Natur gequollener Häute vorausgehen müssen, ist selbstverständlich.

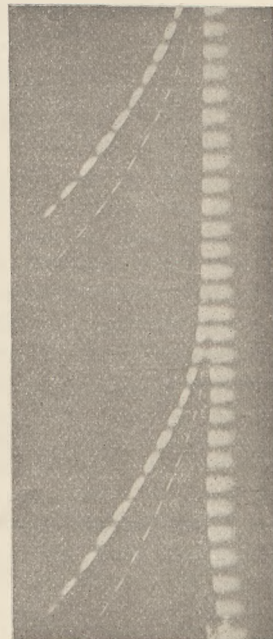
Die hier gezeigte Anordnung habe ich mit ausreichendem Erfolg auch benützt, um die (doch wohl mit Adsorptionserscheinungen zusammenhängende) Porendiffusion der Luft gegen eine Atmosphäre von Kohlendioxyd vorzuführen. Zu dem Zweck ist in den Mantel ein mit Gipsplatte verschlossener Glockentrichter eingesetzt (s. diese Zeitschrift 1915, S. 264); nach dem Einfüllen des Kohlendioxydes wird der gut abgeschliffene Rand des Fläschchens mit einer gefetteten Glasplatte verschlossen. Als Indikator dient gefärbtes Wasser.

Über Diffusion. Von Dr. Fritz Tauchert in Rosenheim (Bayern). Die Diffusion zweier Flüssigkeiten läßt sich in folgender Weise veranschaulichen: Man gibt in ein Probierrglas, ohne dabei dessen Wand zu benetzen, einen Tropfen Alkalilauge und füllt zur Hälfte mit Wasser auf. Hierauf überschichtet man vorsichtig mit Alkohol, in welchem eine Spur Phenolphthalein gelöst ist. An der Grenze beider Flüssigkeiten entsteht ein schmaler roter Streifen, der sich langsam nach oben und unten ausbreitet.

Die Diffusion eines Gases in eine Flüssigkeit kann man zeigen, indem man Stärkelösung durch einige Tropfen Jodtinktur blau färbt und Schwefelwasserstoff darüber leitet. Die Farbe verschwindet von der Oberfläche aus.

Photogramm eines abfallenden Tropfens. Von Prof. Dr. R. Danneberg in Dresden. Wenn ein Tropfen aus einer Öffnung fließt, so bildet er vor seinem Abreißen ein Zwischenstück, das die sich trennenden Flüssigkeitsteile überbrückt und merkwürdigerweise beim Abtropfen an beiden Enden losreißt und als Trabantentropfen abfällt. Rebenstorff hat gezeigt, wie man diesen Nebentropfen auffangen kann (XXV, 3). Es gelingt auch ihn zu photographieren. Eine Pipette, die mit Milch gefüllt ist, wird oben durch einen Gummischlauch mit Quetschhahn so verschlossen, daß sich aus der Pipette die Milchtropfen in $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{10}$ sek folgen. Auf die Abtropfstelle der vertikal befestigten Röhre wird nun der Lichtkegel einer Wechselstrombogenlampe (es kann auch Gleichstrom sein) so gerichtet, daß die Tropfen ca. 15 cm hell erleuchtet durch den Lichtkegel fallen können. Milch oder Kalkmilch habe ich als geeignetste Flüssigkeiten gefunden, da sie am hellsten erscheinen. Nun stelle man einen photographischen Apparat so ein, daß die Tropfen scharf und möglichst hell auf der Mattscheibe erscheinen. Die größte Helligkeit und die Störung

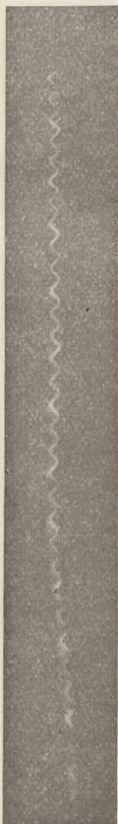
von Seitenreflexen erreicht man, wenn das auf die Tropfen fallende Licht in den Apparat reflektiert wird, der Apparat in den dunklen Raum des Zimmers schaut, also in der Nähe der Bogenlampe steht. Man schließt den Verschuß, dreht den Apparat um 180° , setzt eine Kassette ein, öffnet diese und den auf 1 sek gestellten Verschuß und dreht den offenen Apparat um 360° , so daß also das Bild des Tropfens die Platte durchläuft. Darauf schließt man die Kassette. Verschiebt man das Objektiv in vertikaler Richtung, so kann man auf dieselbe Platte eine zweite Aufnahme des Vorganges machen. Man muß natürlich so schnell drehen, daß man den Vorgang einerseits gut auseinanderzieht, andererseits ganz auf die Platte bekommt. Man drehe daher eher etwas schneller, als zu langsam. Die entwickelte Platte gibt nebenstehendes Bild. Man sieht das Ende der Pipette, das durch den Wechselstrom aller $\frac{1}{100}$ sek abgebildet ist. Die Platte hat den ersten Tropfen schon fertig im Fallen erwischt. Man erkennt deutlich den Haupttropfen und über ihm seinen kleinen Begleiter, der wegen seiner Kleinheit von der Luft getragen wird und daher etwas langsamer fällt, wohl auch, weil er sich erst von der Flüssigkeit des Rohres und seinem Haupttropfen losreißen mußte und etwas später zum Fallen kam. Den zweiten Tropfen aber erkennt man in voller Entwicklung. Man sieht die Abschnürung des schmalen Zwischenstückes, das sich bald als selbständiges Gebilde zeigt. Mir will am Bilde auch scheinen, als ob man eigentümliche Bewegungen am Haupttropfen erkennen könne. Die Bilder sind erst schmal, werden dicker, wieder schmaler u. s. f. Lenard fand



zuerst, daß der Haupttropfen Pendelbewegungen ausführt, wobei seine Form ein Ellipsoid zeigt, dessen große Achse abwechselnd horizontal und vertikal liegt. Die verschiedenen Formen des Haupttropfens dürften die Unterschiede der Abbildungen bedingen.

Gleichzeitig erkennt man aus der Bahn der einzelnen Tropfenphotogramme, daß eine gleichförmige Bewegung (Drehung der Kamera) mit einer gleichförmig beschleunigten (fallender Tropfen) zusammengesetzt eine Parabel ergeben.

Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel durch Photographie im Lichtfelde des Wechselstromes. Von Prof. Dr. R. Danneberg in Dresden. Man beruhe die beiden Vorderflächen der Zinken einer Stimmgabel und wische auf der einen ein kleines Fleckchen mit einem Hölzchen blank. Die Gabel spanne man dann fest mit ihrem Stiel so ein, daß die Zinken vertikal schwingen. Auf dem Fleck vereinige man das Licht einer Wechselstrombogenlampe, daß die Achse des Lichtkegels einen kleinen Winkel mit der Richtung der Zinken bildet. Nun stelle man einen photographischen Apparat so auf, daß seine optische Achse in die Richtung des von dem Stimmgabelfleck reflektierten Lichtes fällt. Die richtige Stellung erkennt man leicht an dem Maximum der Helligkeit, die das Bild des Fleckes auf der Mattscheibe zeigt. Ist dieses Bild scharf eingestellt, so wird es zu einer kleinen vertikalen Geraden, wenn die Gabel angeschlagen wird. Dreht man nun den Apparat um seine vertikale Achse, so entsteht die bekannte Sinuskurve auf der Mattscheibe, die aber nicht gleichmäßig hell ist, da zwischen zwei Stromstößen der Bogenlampe deutlich eine geringere Helligkeit eintritt. Die Sinuskurve ist



also durch ihre Helligkeit in $\frac{1}{100}$ sek geteilt, wenn die Lampe 100 Polwechsel hatte.

Der Versuch geht nun folgendermaßen vor sich: Man schließt den Verschuß am Apparat, setzt eine Platte ein und blendet im Zimmer alles überflüssige Licht ab. Nun zieht man den Kassettenschieber heraus und dreht den Apparat um seine Vertikalachse um 180° , so daß die Linse dem leuchtenden Gabelfleck abgewandt ist. Man öffnet den Verschuß dauernd, schlägt die Gabel an und dreht den Apparat schnell um 360° , so daß also das Bild des schwingenden Flecks die Platte durchläuft. Nun wird Verschuß und Kassette geschlossen und die Platte entwickelt, wenn man nicht vorzieht, nach Heben bzw. Senken des Objektivs den Versuch zu wiederholen und die Platte für mehrere Versuche an derselben Gabel auszunutzen. Es ergibt sich umstehendes Bild. Zählt man die Schwingungen zwischen zwei gleichhellen Stellen der Kurve (23) und die dazwischen verlaufene Zeit nach der Anzahl der hellen Stellen (9), so zeigt sich, daß die Gabel in $\frac{9}{100}$ sek 23 Schwingungen, also $\frac{2300}{9} = 255,6$ Schwingungen machte.

Demonstration des elektrischen Feldes. Von Dr. Erich Günther in Dresden. Zur Demonstration des Kraftlinienverlaufs im elektrischen Feld habe ich einen einfachen Apparat hergestellt, der der Inklinationsnadel zur Untersuchung des magnetischen Feldes nachgebildet ist. Die Nadel wird durch einen schmalen, an beiden Enden zugespitzten etwa 5 cm langen Kartonstreifen (oder Strohhalm) gebildet, der um eine durch den Schwerpunkt geführte Achse sehr leicht drehbar in einem kleinen aus Hartgummi geschnittenen,



Fig. 1.

rechteckigen Rahmen gelagert ist. Dieser Rahmen ist am Ende eines etwa 50 cm langen, als Griff dienenden Glasstabes rechtwinklig befestigt. (Vgl. Fig. 1 und 2.) Bringt man diese Nadel in das elektrische Feld, so nimmt sie durch Influenz beeinflusst die Richtung der hindurchgehenden Kraftlinien an. Mit Hilfe größerer, kugelförmiger Konduktoren, die mit

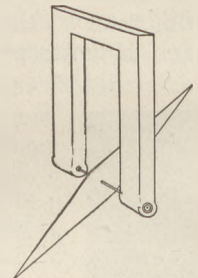


Fig. 2.

einem oder mit beiden Polen der Influenzmaschine verbunden werden, gelingt es gut, den Kraftlinienverlauf im einpoligen, im gleichnamig- sowie im ungleichnamig-zweipoligen Feld in vollständiger Analogie zu den entsprechenden magnetischen Feldern aufzuzeigen. Der kleine Apparat ist von der Firma Meiser und Mertig, Dresden-N. zu beziehen.

Fällung von Eisen durch Schwefelwasserstoff. Von R. Winderlich in Oldenburg i. Gr. Viele Lehrbücher enthalten den Satz: „In den Auflösungen der Ferrosalze bewirkt Schwefelwasserstoff keinen Niederschlag“. Das ist, wie lange bekannt, sehr anfechtbar. Gay-Lussac erwähnte in einer Abhandlung „Betrachtung über die chemischen Kräfte“ (Journ. pr. Ch. 18, 1839, 193): „Wenn man eine Auflösung von essigsäurem Natron mit einer Auflösung von schwefelsäurem Eisenoxydul mengt, und man läßt in das Gemenge einen Strom Schwefelwasserstoffgas streichen, so erfolgt augenblicklich ein Niederschlag von Schwefeleisen.“ Noch auffallender ist es, daß aus einer sauren, frisch aus Eisenpulver und Essigsäure bereiteten Ferroacetatlösung der Schwefelwasserstoff sofort Schwefeleisen niederschlägt. Wie das Acetat verhalten sich auch die Auflösungen in Citronensäure und in Bernsteinsäure. Es ist deshalb zweckmäßig, in den oben angeführten Satz ein Wort einzuschieben: „In den mineral-sauren Auflösungen der Ferrosalze . . .“.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein Vorlesungs-Elektroskop. Von H. HAGA in Groningen. (*Physikal. Zeitschr.* 18, 275; 1917). Der Verfasser legt dar, man brauche bei vielen elektrostatischen Vorlesungsversuchen ein Elektroskop von mittlerer Empfindlichkeit, wo das Exnersche zu empfindlich und ein Papierelektroskop zu unempfindlich sei. Das viel benutzte Kolbesche Elektroskop habe einige unangenehme Eigenschaften, die wohl jedem bekannt seien, der mit dem Apparat gearbeitet habe. Durch diese Erfahrungen veranlaßt, versuchte der Verfasser, das Braunsche Elektrometer für Projektion einzurichten. In der Werkstätte des Instituts wurde ein Braunsch'sches Elektrometer in kleinen Dimensionen angefertigt; es zeigte sich aber ganz unbrauchbar infolge der zu großen Reibung an den Spitzen der Achse. Das Ziel wurde aber völlig erreicht durch ein als Achse zu nehmendes horizontal gespanntes vergoldetes Silberbändchen, wie es als Aufhängdraht bei Spiegelgalvanometern benutzt wird. Dadurch erhielt er ein Elektroskop von angenehmer und tadelloser Wirkung.

Die Abbildungen (Fig. 1, 2) zeigen das Instrument in ungefähr $\frac{2}{5}$ der wahren Größe. Der feste Metallstreifen wird durch ein 3 mm dickes

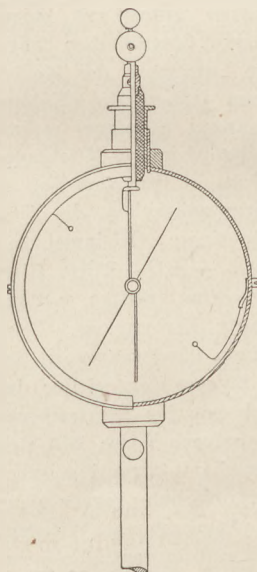


Fig. 1.

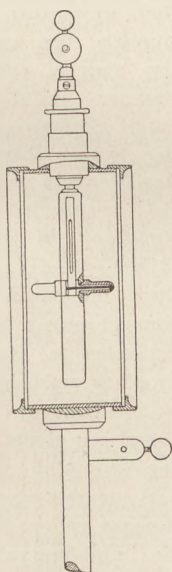


Fig. 2.

4,5 cm langes Messingstäbchen getragen, welches durch Ambroid isoliert ist. Die Nadel ist aus einem 0,05 mm dicken Aluminiumblatt geschnitten; zur Erhöhung der Stabilität wurde auf dem größten Teil der Längsseite eine un-

tiefe Furche eingepreßt. Das 27 mm lange, 0,17 mm breite und 7μ dicke vergoldete Silberbändchen wurde mit einer Spur Schellack auf der Nadel befestigt, der Schellack mit ein wenig Goldbronze überdeckt. Das Bändchen ist zum größten Teil von einem Messingröhrchen umgeben, an dessen Enden es angelötet wurde.

Zur Vermeidung zu großer Ausschläge ist ein am Metallgehäuse befestigtes, federndes Metalldrähtchen angebracht; das Ende dieser Hemmung ist von einem ganz dünnen Glasröhrchen umgeben, so daß die Nadel bei etwaiger Berührung nicht entladen wird. Was die Ablesung betrifft, so könnte man in bekannter Weise eine Skala auf einem Glimmerstreifen im Gehäuse anbringen. Der Verfasser hat eine auf dem Projektionsschirm angebrachte Skala — ein in 45 Teile geteilter Quadrant — vorgezogen, wozu ein, wie eine Wandtafel mit Holzrollen versehener, $1,5 \times 1,5$ m großer Bogen Zeichenpapier völlig genügt.

Die Empfindlichkeit hängt bei derselben Nadel und demselben Bändchen von der Entfernung des Schwerpunktes unter der Achse ab; sie läßt sich also durch Abschneiden kleiner Stückchen der Nadel oder durch Beschweren der einen Hälfte (ein wenig Bronzepulver in der Furche) leicht regulieren.

Selbstverständlich könnte man eine viel größere Empfindlichkeit erreichen, wenn man einen dünnen Draht als Achse nähme (das Gewicht der oben beschriebenen Nadel ist etwa 20 mg) und könnte dadurch die Empfindlichkeit der gewöhnlichen Blattelektroskope erhalten ohne die Beschwerden der „Kri-Kri-Erscheinung“.

Auch wäre es ganz gut möglich, durch Anwendung von Spiegelablesung, das Instrument für genaue Messungen geeignet zu machen. Ein kleines leichtes Planspiegelchen ließe sich zu diesem Zweck an das Silberbändchen kitten; in einem Quadranten des Metallzylinders wäre eine schmale, spaltförmige Öffnung anzubringen und durch eine Skala auf Zelluloid oder Zellon zu bedecken; ein kleines horizontales Fernröhrchen (z. B. von der Größe des Fernröhrchens beim Kohlrausch'schen Vierstabvariometer) ließe sich leicht in bequemer Weise anbringen. In diesem Falle wäre auch Innenisolation zu empfehlen und das Bedecken oder Ersetzen der Glasscheiben durch Metall.

Die Firma N. V. vorher P. J. Kipp & Zonen in Delft hat die Anfertigung dieses Elektroskops übernommen.

Neue chemische Schulversuche. Von F. BRANDSTÄTTER. In den „Vierteljahrsberichten“ des Wiener Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts (Jahrg. XXI, S. 47, 1916) veröffentlicht der Verfasser eine Reihe beachtenswerter chemischer Schulversuche, von denen zunächst die „Reduktion von Kupferoxyd durch den Kohlenstoffgehalt der Gasflamme“ hervorgehoben sei. Schon früher hatte der Verfasser gezeigt, daß ein schmaler Streifen Kupferblech, den man in der entleuchteten Bunsenflamme oxydiert hatte, in der leuchtenden Flamme wieder reduziert wird, und zwar dauernd, sobald man den Streifen in das Brennerrohr, also in das strömende Gas senkt und dort sich abkühlen läßt. Jetzt ist der Versuch in folgender Weise abgeändert: Das Rohr eines Teclubrenners wird durch ein mittelst Stopfens aufgesetztes, 15 cm langes und 28 mm breites Glasrohr verlängert, das oben mit einem zylindrisch gerollten dünnen Eisen- oder Nickelblech versehen wird. Man erzeugt hier zuerst die blaue Heizflamme, senkt den blanken Kupferblechstreifen oder zusammengerollten Kupferdrahtnetzzyylinder an einem Eisendraht hinein und zeigt nach dem Herausnehmen die schwarze Oxydschicht. Dann bringt man ihn wieder hinein, und nochmals zum Glühen, wandelt die Heizflamme in die Leuchtflamme um und senkt den zu blankem Metall reduzierten Streifen in das Glasrohr und läßt ihn dort bei kleingestellter Flamme erkalten. In gleicher Weise läßt sich ein haselnußgroßes Stück Malachit, das man in der heißen Mekerbrennerflamme in Oxyd verwandelt hatte, sowie auch Cuprit und Kupferlasur zu Kupfer reduzieren.

Die heiße Flamme des Mekerbrenners benützt der Verfasser auch zu „Flammenfärbungen für Spektralbeobachtungen“ (a. a. O. XIX, S. 50). Teils werden die Mineralstücke oder Substanzmengen unmittelbar auf den Siebrost gelegt oder in ein kleines Schälchen, das man sich aus dünnem Platin-, Eisen- oder Nickelblech herstellt, gebracht (auch die kleinen Metallkapseln, die zum Schutze der Platinschwämme gebräuchlich sind, eignen sich dazu). Zur Erzeugung der Natriumflamme legt man ein erbsengroßes Steinsalzstückchen oder auch Kryolith (Natriumaluminiumfluorid) mit der Pinzette auf die Mitte des Siebrostes. Die Substanzen schmelzen wohl, bilden aber eine Kugel, die nach Schließung der Luftlöcher bald erstarrt und sich mit der Pinzette abheben läßt, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Für die Kaliumflamme empfiehlt der Verfasser ein Stückchen Kaliumalaun auf den Siebrost zu legen; das Salz bläht sich auf und bildet eine

poröse, lebhaft violett färbende Masse. Legt man daneben ein Stückchen Steinsalz, so läßt sich mittelst des Kobaltglases die Kaliumfärbung gut erkennen. Zur roten Lithiumfärbung bringt man ein erbsengroßes Stück Lithionglimmer auf den Siebrost; infolge des Natriumgehaltes ist die Flamme gelb gefärbt. Durch teilweises oder auch gänzlich Schließen der Luftzuführungslöcher und gleichzeitiges Kleinermachen der Flammen läßt sich das glühende Mineralstückchen so weit abkühlen, daß keine Natrium-, wohl aber die flüchtigere Lithiumverbindung verdampft. Die orangerote Calciumfärbung erhält man durch Auflegen eines Stückchens vom Schaumgips oder Marienglas. Die rote Strontium- sowie die grüne Bariumflamme erhält man durch Auflegen von Coelestin und Schwerspat, die man zweckmäßig auch nebeneinander legt, um die Färbungen gleichzeitig zu beobachten. Die drei letzten Mineralien bewahrt man am besten nach dem Gebrauche in einem verschlossenen Gläschen auf, man kann sie wiederholt benutzen, und sie zeigen nach dem Einführen sogleich die jeweilige Färbung. Eine kräftigere, für den Hörsaal geeignete Calciumfärbung mittelst Marmor erzielt der Verfasser mit Hilfe von Chloroformdampf. In einen Trockenturm bringt man chloroformgetränkte Stückchen Badeschwamm, verschließt oben mit einem Stopfen, der ein Glasrohr mit Hahn trägt, und unten den seitlichen Tubus mit einem Stopfen, der ein einfaches Glasröhrchen trägt, das man in eines der Luftlöcher des Mekerbrenners einführt. Beim Öffnen des Hahnes (oder Entfernen des ganzen Stopfens) strömt der schwere Chloroformdampf in den Mischraum des Brenners und bewirkt an dem zum Teil in CaO verwandelten Marmorstückchen die Umwandlung in das flüchtigere Calciumchlorid ($3\text{CaO} + 2\text{CHCl}_3 = 3\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}$). Hierdurch nimmt die Flamme eine kräftige, fast bis zum Purpurrot gesteigerte Färbung an. Beim Schließen des Hahnes bzw. Wiederaufsetzen des Stopfens erscheint für längere Zeit wieder das hellere Orange, das sich gut für Spektralbeobachtungen eignet. In analoger Weise läßt sich bei Verwendung von Strontianit (Strontiumcarbonat) eine gesteigerte Purpurfärbung hervorrufen; dagegen gelingt beim Bariumkarbonat (Witherit) die Umbildung zu Chlorid mittelst des Chloroformdampfes nicht, doch wird durch diesen die durch Schwerspat erzielte Färbung bis zu intensivem, fast reinem Smaragdgrün gesteigert. Um den störenden Einfluß der aus Messing bestehenden Siebrosteinfassung zu beseitigen, empfiehlt der Verfasser diese vernickeln zu lassen. Der Siebrost selbst besteht bekanntlich schon aus reinem Nickel. O.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die Grundlage der Einsteinschen allgemeinen Relativitätstheorie. In einer Schrift¹⁾, die als Sonderabdruck aus den Annalen der Physik, 49, 1916, erschienen ist, faßt A. EINSTEIN in abschließender Weise die Untersuchungen zusammen, die er in den letzten Jahren über die von ihm erdachte und so genannte allgemeine Relativitätstheorie angestellt hat. Das greifbare und seiner Bedeutung nach außerordentliche Ergebnis dieser Betrachtungen ist, daß es EINSTEIN gelang, die Lehre von der Gravitation als Nahewirkungstheorie in das Gesamtsystem der Physik einzuordnen. Dadurch sind vor allem eine Anzahl von Mängeln beseitigt, die der mathematischen Physik auch nach Unterordnung unter das bisherige Relativitätspostulat noch anhafteten, ja sogar die Allgemeingültigkeit der Relativitätstheorie in Frage stellten. Sie betreffen insbesondere den Zusammenhang zwischen Dynamik und Gravitation: die Erklärung der Gleichheit von träger und schwerer Masse, die Deutung der Zentrifugalkraft, die Frage nach der Ausbreitung der Gravitation.

Aber die erkenntnistheoretische Bedeutung der EINSTEINSCHEN Forschungen und Gedanken liegt tiefer; sie greifen an den Grundlagen der Vorstellungen über Raum, Zeit und Materie an, die dem Physiker bisher geläufig waren, und nötigen ihn, sich mit Dingen zu befassen, die er vorher nur mit einer gewissen Herablassung als Phantasiegebilde der mathematischen Analysis betrachtet hat, mit mehrdimensionaler und nicht-euklidischer Geometrie.

Um die EINSTEINSCHEN Anschauungen dem Verständnis näher zu bringen, wird es erforderlich sein, einige Bemerkungen vorwegzuschicken, die zum Teil im Zusammenhang mit der bisher als Relativitätstheorie bezeichneten Lehre stehen, zum anderen Teil gar nicht physikalischer, sondern geometrischer Natur sind. Das ursprüngliche, jetzt von EINSTEIN „spezielles“ genannte Relativitätsprinzip fordert zweierlei — diese Zweiteilung wird in der Literatur nicht immer mit aller nötigen Schärfe ausgesprochen —: Erstens sollen alle physikalischen Aussagen so formuliert werden, daß sie ungeändert gültig bleiben, mag nun das System materieller Körper oder von Strahlungsvorgängen vermittelnden Raumteilen, auf das sich die Aussagen beziehen, in Ruhe bleiben, oder mag es sich mit einer konstanten Geschwindigkeit geradlinig fortbewegen. Zweitens soll dagegen die Geschwindigkeit der Lichtfort-

pflanzung, c , nach allen Richtungen im leeren Raume eine konstante sein. Der erste Teil dieses Relativitätspostulates läßt sich auch so aussprechen, daß es auf keine Weise möglich sein soll, durch Messungen in einem abgeschlossenen System selbst zu entscheiden, ob es sich in Ruhe oder in gleichförmiger geradliniger Bewegung befindet. Dieser Forderung genügen, wie bekannt, die gewöhnlichen Gesetze der Kinetik; aber erst die Ausdehnung der Forderung auf die gesamte Physik und die Hinzufügung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ergeben das spezielle Relativitätspostulat.

In seinem berühmten Vortrage „Über Raum und Zeit“ auf der Naturforscherversammlung zu Cöln hat Minkowski dem Relativitätsprinzip eine geniale geometrische Auslegung gegeben, die recht eigentlich der Ausgangspunkt der vorliegenden allgemeinen Relativitätstheorie geworden ist. Es seien nämlich x, y, z die rechtwinkligen Cartesischen Koordinaten eines Punktes des Systems, und t bezeichne die Zeit, gemessen mittelst einer Uhr an diesem Punkte; dann besagt das spezielle Relativitätspostulat, daß die physikalischen Gesetze für alle solche Transformationen der Koordinaten und der Zeit (Lorentz'sche Transformationen) ungeändert bleiben, die auch die quadratische Differentialform

$$-dx^2 - dy^2 - dz^2 + c^2 dt^2,$$

deren durch c dividierte Quadratwurzel die Eigenzeit genannt worden ist, ungeändert lassen. Einen an der Stelle x, y, z zur Zeit t befindlichen Punkt nennt Minkowski einen „Welt-punkt“, x, y, z, t seine vier Koordinaten; die „Welt“ ist danach als eine vierdimensionale Mannigfaltigkeit aufzufassen, mit drei räumlichen und einer zeitlichen Koordinatenachse. „Die dreidimensionale Geometrie wird ein Kapitel der vierdimensionalen Physik.“

Man betrachte nun in einer Ebene zwei unendlich benachbarte Punkte mit den rechtwinkligen Cartesischen Koordinaten x, y und $x + dx, y + dy$, so ist das Quadrat ihres Abstandes durch den Ausdruck $dx^2 + dy^2$ gegeben. Wenn andere, im allgemeinen krummlinige Koordinaten, z. B. Polarkoordinaten r, φ benutzt werden, so nimmt dieser Ausdruck zwar eine andere Gestalt an, z. B. $dr^2 + r^2 d\varphi^2$, aber sein Wert bleibt doch derselbe. Auch ändert er sich nicht, wenn die betrachtete Ebene ohne Dehnung verbogen wird, so daß etwa eine zylindrische oder kegelförmige Fläche entsteht. Aber welche Koordinaten u, v man auch zugrunde legen mag, immer wird für das Abstandsquadrat eine quadratische Differentialform

$$g_{11} du^2 + 2g_{12} du dv + g_{22} dv^2 \quad 1)$$

¹⁾ A. Einstein, Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. Leipzig 1916, Joh. Ambr. Barth. 64 S.

erhalten, wobei g_{11} , g_{12} , g_{22} Funktionen der Koordinaten bedeuten. Wenn nun aber umgekehrt ein solcher Ausdruck gegeben ist, so muß zwischen den Koeffizienten g_{11} , g_{12} , g_{22} eine bestimmte Bedingung erfüllt sein, damit er das Abstandsquadrat einer in die Ebene verbiegbaren krummen Fläche darstelle. Diese Bedingung besteht in dem Verschwinden eines gewissen aus den Koeffizienten und ihren partiellen Ableitungen gebildeten Ausdruckes, den Gauß zuerst gefunden und das Krümmungsmaß der Differentialform genannt hat. Wenn die beiden Punkte statt auf einer derartigen in die Ebene verbiegbaren Fläche auf einer anderen, z. B. auf einer Kugel oder auf einem Ellipsoid gelegen sind, so ist das Quadrat des Abstandes zwar auch von der Form 1), aber deren Krümmungsmaß ist nicht Null. Man kann von allen Flächen, die in einander verbiegbar sind, sagen, daß auf ihnen dieselbe Geometrie herrsche, und diese ist danach durch das zugehörige Abstandsquadrat gegeben.

Wenn die beiden Punkte irgendwie im Raume gelegen sind, so ist bei Benutzung rechtwinkliger Cartesischer Koordinaten $dx^2 + dy^2 + dz^2$ ihr Abstandsquadrat; bei beliebigen anderen Koordinaten wird es von einer entsprechenden Form wie 1), nur daß darin drei Koordinaten und demgemäß sechs Koeffizienten $g_{\lambda\mu}$ vorkommen. Auch hier kann man aus den Koeffizienten Bedingungen bilden, die dem Krümmungsmaß entsprechen, und deren Verschwinden zum Ausdruck bringt, daß die betreffende quadratische Differentialform aus dem erwähnten Abstandsquadrat durch Koordinatentransformation hervorgegangen ist. Dieses Verschwinden tritt jedoch nicht für jede quadratische Differentialform ein, die sich aus drei Koordinaten und sechs Koeffizienten, die von diesen Koordinaten funktional abhängen, willkürlich bilden läßt. Man spricht alsdann von Räumen, in denen eine andere Geometrie herrsche als in dem gewöhnlich betrachteten sogenannten euklidischen Raume. Der Mathematiker wird auf diese Weise veranlaßt, und es bereitet ihm logisch gar keine Schwierigkeit, das Vorhandensein solcher Räume zu postulieren. Die Frage, ob wir imstande sind, uns derartige Räume anschaulich vorzustellen, ist nicht logischer, sondern psychologisch-anthropomorpher Natur und gehört daher woanders hin; für das verstandesmäßige Erfassen ist eine anschauliche Vorstellung ohnehin gar nicht erforderlich, weshalb man gut tut, einstweilen alle darauf zielenden Versuche zu unterlassen. In diesem Sinne brauchen wir auch nicht davor zurückzuschrecken, die eben angestellten Betrachtungen

auf den Fall von mehr als drei Koordinaten zu verallgemeinern, und insbesondere eine vierdimensionale „Welt“ nach Minkowski, jedoch mit einer beliebigen Geometrie, als vorhanden anzunehmen.

Wenn ein Punkt seine Koordinaten ändert, so beschreibt er ein geometrisches Gebilde, eine Kurve, Fläche oder dergleichen. Änderung von Ort und Zeit stellt also eine geometrische Figur in der vierdimensionalen Welt dar. Es ist klar, daß alle geometrischen Bestimmungsstücke einer Figur, ihre Winkel, Abstände usw. dieselben bleiben, gleichgültig durch welche Art von Koordinaten die Punkte der Figur bestimmt worden sind, und daß daher die Ausdrücke, durch die diese Bestimmungsstücke mittelst der Koordinaten analytisch dargestellt werden, einen von den Koordinaten unabhängigen Wert haben. Man spricht in diesem Sinne von Invarianten in bezug auf eine beliebige Änderung des Koordinatensystems. Dieser fundamentale Begriff spielt seit Gauß' Zeiten in der höheren Geometrie eine grundlegende Rolle; bei mehrdimensionalen und nichteuklidischen Geometrien, wo die eigentliche geometrische Anschauung fehlt, ist er der alleinige Wegweiser zur Aufstellung geometrischer Sätze.

Nach diesen Vorbereitungen ist nun noch eine Frage zu erörtern, die an sich von hohem Interesse ist und die zugleich zu der Einsteinschen allgemeinen Relativitätstheorie überleitet. Es ist die Frage nach dem inneren Grunde dafür, warum wohl ein Raum eine bestimmte durch die Form des zugehörigen Abstandsquadrates gegebene Geometrie besitze. Riemann hat zuerst diese Frage aufgeworfen und zugleich die geniale Idee geäußert, daß der Grund für die geometrische Struktur eines Raumes „außerhalb, in darauf wirkenden bindenden Kräften, gesucht werden“ müsse. Mit anderen Worten, Riemanns Gedanke besagt, die Ursache für eine bestimmte Geometrie eines Raumes sei nicht selbst geometrischer Natur, sondern in physikalischen Vorgängen begründet, die sich in dem Raume abspielen. Diese Idee Riemanns hat Einstein in wahrhaft kühner Weise ausgeführt.

Es ist nunmehr nicht schwer, die von EINSTEIN aufgestellten Forderungen der allgemeinen Relativitätstheorie auszusprechen, nach denen der physikalische Verlauf der Dinge in unserer Welt vor sich gehen soll. Man kann sie unter Hinzunahme der aus der speziellen Relativitätstheorie übernommenen Postulate etwa in folgender Weise formulieren.

1. Raum und Zeit sind nicht voneinander unabhängig, sondern das „Geschehen zu einer Zeit an einem Orte“ vollzieht sich in einer vier-

dimensionalen Mannigfaltigkeit mit vier gleichartig zu behandelnden Bestimmungsstücken. — Dieses Postulat, das auf Minkowski zurückzuführen ist, besagt nicht etwa nur, daß zu den vier räumlichen Koordinaten $x = x_1$, $y = x_2$, $z = x_3$, die Zeit $t = x_4$ als vierte hinzuzunehmen sei, das wäre trivial; sondern die Zeit ist mit den räumlichen Koordinaten ebenso verbunden wie diese untereinander, vor allem in dem Sinne, daß Transformationen der Koordinaten möglich sind, bei denen die Zeit und die drei räumlichen Koordinaten miteinander verknüpft sind.

2. Postulat der allgemeinen Relativität: Die allgemeinen Naturgesetze sind durch Gleichungen auszudrücken, die für beliebige Koordinatensysteme gelten, d. h. beliebigen Koordinatentransformationen gegenüber invariant sind. — Dieses Postulat ist ersichtlich nichts weiter als eine Übertragung des in der Geometrie geläufigen Prinzips der Invarianten auf die gesamte Physik. Um die Universalität und die Tragweite dieses allgemeinen Relativitätspostulates zu beleuchten, muß man es mit den bisher herrschenden Anschauungen vergleichen. a) In der gewöhnlichen Kinematik gilt, wie bereits oben bemerkt, das spezielle Relativitätspostulat, jedoch ohne die Forderung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, die ja dort gar nicht auftritt. Erteilt man also einem Punkte eine geradlinige Bewegung, etwa in der Richtung der x_1 -Achse, und gleichförmig, etwa mit der konstanten Geschwindigkeit v , so bleiben die Bewegungsgleichungen des Punktes ungeändert, wenn man dementsprechend an Stelle von x_1, x_2, x_3, x_4

$x_1' = x_1 - vx_4, x_2' = x_2, x_3' = x_3, x_4 = x_4'$ setzt (Galileische Transformation). b) In der speziellen Relativitätstheorie, wie sie bisher angenommen wurde, gilt dasselbe Postulat, jedoch ausgedehnt auf sämtliche Gesetze der Physik und ergänzt durch die Forderung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit c . Die entsprechende Koordinatentransformation (Lorentzsche Transformation) lautet hier

$$x_1' = \frac{x_1 - vx_4}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad x_2' = x_2, \quad x_3' = x_3,$$

$$x_4' = \frac{x_4 - \frac{v}{c^2} x_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}};$$

sie unterscheidet sich von der vorhergehenden wesentlich dadurch, daß die Zeit x_4 einer Änderung unterzogen wird. Würde die geradlinige Bewegung nicht in Richtung der x_1 -Achse, sondern in einer beliebigen Richtung vor sich gehen,

so würden natürlich auch die beiden anderen räumlichen Koordinaten transformiert werden. Jedoch handelt es sich hier allemal um eine Koordinatentransformation von ganz bestimmter Form, nämlich von der Beschaffenheit, daß dabei die Differentialform $-dx_1^2 - dx_2^2 - dx_3^2 + c^2 dx_4^2$ ungeändert bleibt. c) Das allgemeine Relativitätspostulat fordert hingegen für die gesamten Gesetze der Physik, daß sie ungeändert bleiben, wenn statt x_1, x_2, x_3, x_4 irgend welche Größen x_1', x_2', x_3', x_4' eingesetzt werden, die beliebige Funktionen der erstgenannten bedeuten. Daraus ergibt sich nun die zunächst ungeheuerlich klingende Folgerung, daß der vierdimensionalen Welt, in der sich die physikalischen Vorgänge abspielen, gar keine bestimmte Geometrie zu eigen ist, oder beigelegt werden kann; denn in diesem Falle müßte es nach dem vorher Bemerkten eine bestimmte Differentialform $g_{11} dx_1^2 + 2g_{12} dx_1 dx_2 + g_{22} dx_2^2 + \dots + g_{44} dx_4^2$ geben, die bei den genannten Transformationen ungeändert bliebe, was doch nicht angeht, da die Transformationen ganz willkürlich sein sollen. Hier hilft nun die erwähnte Idee von Riemann. Einstein stellt nämlich folgendes weitere Postulat auf, das erst dem ganzen Aufbau der Theorie den notwendigen Abschluß gibt, und das man so aussprechen kann:

3. Die Geometrie der Welt ist bestimmt durch das in jedem Augenblick vorhandene Gravitationsfeld. — Die äußeren Kräfte, von denen bei Riemann die Rede ist, und in denen der Grund für die geometrische Struktur der vierdimensionalen Raum-Zeit-Welt zu suchen ist, werden also von Einstein als Gravitationskräfte angesprochen; die jeweils vorhandene Massenverteilung entscheidet über die Gültigkeit der geometrischen Sätze. Dieser Gedanke ist äußerst phantastisch, solange man nicht der Versuchung widerstrebt, ihn sich anschaulich vorzustellen: nehmen wir für einen Augenblick an, unsere räumliche Anschauung erstreckte sich nur nach zwei Dimensionen, so würden sich zunächst bei Abwesenheit jeglicher Materie, also bei bloßen optischen und anderen elektromagnetischen Vorgängen alle Erscheinungen in einer Ebene oder in einer biegunsgleichen Fläche abspielen; sobald aber Massen vorhanden sind, würden äußere Zwangskräfte ins Spiel treten und die Fläche aufbauchen, sie etwa zu einer Kugel- oder Ellipsoidschale deformieren, und diese Deformationen würden andauern, solange nicht ein Gleichgewicht der Massen eingetreten ist. Aber diese Veranschaulichung der Theorie stimmt, selbst wenn man sich nur mit zwei räumlichen Dimensionen begnügt, schon insofern nicht völlig, als auch die geometrische Struktur

der dann dreidimensionalen Raum-Zeit-Welt, in der sich jene Flächen befinden, durch die Anwesenheit von schweren Massen geändert wird. Rein analytisch besagt jedoch diese Hypothese nichts weiter, als daß die zehn Koeffizienten $g_{\alpha\mu}$ der die Geometrie der Welt bestimmenden Differentialform vom Gravitationsfelde abhängig sind. Physikalisch bedeuten sie die Komponenten des Gravitationspotentials. In einem gravitationsfreien Felde nehmen sie die Werte an, die der Differentialform der speziellen Relativitätstheorie zukommen.

Diese Betrachtungen sind nun noch nach zwei Richtungen zu ergänzen. Erstens: In der gewöhnlichen Mechanik und auch in der speziellen Relativitätstheorie beschreibt ein frei beweglicher, keinen äußeren Kräften unterworfenen Körper eine gerade Linie. Es ist klar, daß dieses Gesetz in der allgemeinen Relativitätstheorie einer erweiternden Abänderung bedarf. An Stelle der geraden Linie tritt hier einfach eine geradeste, d. h. geodätische Linie der vierdimensionalen Welt. Eine solche genügt einem bestimmten aus der Differentialgeometrie wohl bekannten System von Differentialgleichungen. Übrigens hängt die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum jetzt ebenfalls vom Gravitationsfelde, aber auch nur von diesem ab.

Zweitens handelt es sich darum, die Gesetze aufzustellen, nach denen sich die Vorgänge in einem Strömungsfelde, in einem elektromagnetischen und in einem Gravitationsfelde abspielen. Es bereitet keine nennenswerten Schwierigkeiten, die erforderlichen Erweiterungen der Eulerschen hydrodynamischen und der Maxwell'schen elektromagnetischen Differentialgleichungen aufzustellen. Dagegen war die Angabe der Differentialgleichungen des reinen Gravitationsfeldes keine leichte Aufgabe. Erst allmählich ist es EINSTEIN, unter Mithilfe von M. GROSSMANN, gelungen, einen Ansatz zu machen, der zugleich der Forderung der Invarianz, wie sie das allgemeine Relativitätspostulat verlangt, genügt, als auch in seinen Folgerungen mit der hier ja so sicher fundierten Erfahrung übereinstimmt, wie sie im Newton'schen Gravitationsgesetze vorliegt. Dieses ergibt sich daraus in der Tat in erster Annäherung. Eine genauere Annäherung liefert gegenüber den Kepler-Newton'schen Gesetzen der Planetenbewegung eine Abweichung, die eine überraschend genaue Berechnung der in der Newton'schen Theorie unerklärlich gewesenen Perihelbewegung der Merkurbahn liefert. Dieses Ergebnis faßt EINSTEIN mit vollem Recht als eine gewichtige Stütze seiner Theorie auf. Andere Folgerungen der Theorie, wie eine Verschiebung der Spektrallinien des von der Oberfläche großer

Sterne zu uns gelangenden Lichtes nach dem roten Spektralende, oder wie die Biegung der an großen Massen vorbeistreichenden Lichtstrahlen, bedürfen noch der experimentellen Bestätigung, die wegen der Kleinheit der zu erwartenden Wirkung wahrscheinlich recht schwierig sein wird.

Es hat nicht an Einwänden gegen die allgemeine Relativitätstheorie gefehlt, insbesondere der Gedanke, die Änderung des Koordinatensystems der Raum-Zeit-Welt sei mit einer Änderung des Schwerfeldes zwangsläufig verknüpft, hat zur Kritik Veranlassung gegeben. Es würde zu weit führen, wollte ich hier darauf näher eingehen: die rein logische Zulässigkeit der EINSTEIN'schen Hypothese, oder wenn man will, des von RIEMANN ausgesprochenen Gedankens kann nicht bezweifelt werden. Auch die Tatsache, daß die zur quantitativen Erklärung der Perihelbewegung des Merkurs benutzte Formel schon 1898 durch eine andere bemerkenswerte, leider wenig beachtete Theorie von GERBER abgeleitet worden ist, so daß sich dieses Ergebnis auch ohne die Relativitätstheorie erklären ließe, kann ihren Wert nicht vermindern; denn sie leistet außerdem noch vieles, was eine bloße Gravitationstheorie schlechterdings nicht zu geben imstande ist. Wenn freilich EINSTEIN behauptet, daß seine Differentialgleichungen des reinen Gravitationsfeldes aus der Forderung der allgemeinen Relativität auf rein mathematischem Wege fließen, so ist das wohl zu viel gesagt: sie sind eine Hypothese für sich, oder bedürfen zu ihrer Aufstellung besonderer Forderungen. Für das physikalische Bedürfnis genügt es ohnehin, sie einstweilen ohne weitere Begründung einfach hinzunehmen und ihre Berechtigung an ihren Folgerungen zu prüfen. Neuere Untersuchungen hat H. A. LORENTZ und besonders von HILBERT ergeben übrigens einen eigentümlichen und sehr merkwürdigen Zusammenhang zwischen der Gravitation und den elektrodynamischen Vorgängen.

Es kann hier im Rahmen dieses Referates nicht der Ort sein, auf die mathematische Durchführung der im Vorstehenden geschilderten Gedanken tiefer einzugehen. Es sei in dieser Beziehung nur bemerkt, daß recht eingehende Kenntnisse der Differentialgeometrie und der zugehörigen Invariantentheorie voraussetzen sind, wenn man sich so genau mit dem Gegenstande beschäftigen will, wie es zu einem vollständigen Verständnis erforderlich ist. EINSTEIN selbst hat in einem längeren Abschnitt seiner Schrift die bei dem Physiker nicht als bekannt vorauszusetzenden mathematischen Hilfsmittel zusammengestellt. *Μηδεις ἀγνοούμετος εἰσῆτω*. Henri Poincaré sagt einmal: „Die

mathematische Physik und die reine Analysis sind nicht nur aneinander grenzende Mächte, die gute Nachbarschaft halten, sie durchdringen sich gegenseitig und ihr Geist ist derselbe“. Die EINSTEINSche Theorie ist in gleichem Maße groß-

zünftig in der Ideenfolge, wie bewundernswert in der Kühnheit, mit der ihr Schöpfer der Freiheit der mathematischen Gedankenwelt auch in der Physik Bürgerrecht verschafft hat.

Rudolf Rothe, Berlin.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Faradays Stellung in der Geschichte der Physik. Zu seinem 50. Todestag am 26. August. Von VICTOR ENGELHARDT. *Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1917, Heft 34.* (Eigenbericht des Verfassers.)

Um das Lebenswerk eines Forschers ganz zu verstehen, müssen wir neben seiner Persönlichkeit und den zufälligen Umständen der Umgebung, vor allem den wissenschaftlichen Standpunkt seiner Zeit in Rechnung setzen. Die Zeit Faradays war beherrscht von dem Gedanken der Kräfteumwandlung, der namentlich durch Oersteds Ablenkung der Magnetnadel ausgelöst worden war. Da diese Versuche die Umwandlung von Elektrizität in Magnetismus zum ersten Mal klar zeigten, mußte sich Oersteds Zeitgenossen der Gedanke aufdrängen, daß auch das Umgekehrte möglich sei, daß man Elektrizität durch Magnetismus hervorbringen könne. Die Experimente waren jedoch ergebnislos, da man sich zu sehr von den bekannten Erscheinungen der elektrischen und magnetischen Influenz leiten ließ und demgemäß nur mit ruhenden Strömen und Magneten arbeitete. Um die Versuche zu einem erfolgreichen Ende zu führen, war ein Mann wie Faraday nötig, der sich von der Tradition frei genug fühlte, um auch das Neueste und Kühnste mutig zu denken. Faradays Freiheit von der Überlieferung seiner Zeit ist zum großen Teil aus seinem Bildungsgang zu verstehen. Er wuchs in ganz ärmlichen Verhältnissen auf und mußte sich sein Wissen durch Selbstbildung aneignen. Der damit verbundene Mangel an mathematischen Kenntnissen machte es ihm unmöglich, die Vorstellungen der Newtonschen Schule, die abstrakten Fernkräfte zu erfassen. Diese Unmöglichkeit veranlaßte ihn, an Stelle der Fernkräfte, Nahkräfte zu setzen, deren Wirkung nur durch Vermittlung des Zwischenmediums verstanden werden konnte. Mit solchen Vorstellungen mußte es ihm natürlich auch leichter als allen anderen Zeitgenossen werden, den Gedanken der „Kräfteverwandlung“, oder wie wir heute besser sagen „Energieverwandlung“ in sich aufzunehmen, einen Gedanken, welcher mit der alten Anschauung besonderer, unabhängiger Fluida unverträglich war. Durch diese Ansichten wurde Faraday von der Umwandelbarkeit der Kräfte so fest überzeugt, daß er neun Jahre lang das vergebliche Suchen nach

Induktionswirkungen, nach Verwandlung von Magnetismus in Elektrizität, fortsetzen konnte. Ebenso wie ihm die Zeit das Problem gestellt hatte, verwirrte sie ihn auch mit ihren falschen Anschauungen, so daß er zunächst ebenfalls mit ruhenden Magneten und Strömen arbeitete und erst 1831 Erfolg hatte, als er dieses Prinzip verließ. Die ungeheuren praktischen Folgen seiner Entdeckung der Induktion standen ihm klar vor Augen, aber trotzdem lehnte er jede praktische Ausnutzung ab und war nur bestrebt, reine Forschung zu treiben.

Dieser war, durch die Entdeckung der Induktion, der Weg von neuem vorgezeichnet, denn die Überzeugung von der Verwandelbarkeit der Kräfte stand damit fester denn je. So wandte Faraday sich dem Zusammenhang zwischen elektrischen und chemischen Kräften zu, einer Untersuchung, welche 1835 in der Entdeckung der bekannten Faradayschen Gesetze gipfelte. Schließlich zog er sogar die optischen Erscheinungen mit in den Kreis seiner Betrachtung und konnte 1845 in der magnetischen Drehung der Polarisationssebene dem Prinzip der Einheit aller Kräfte eine neue Stütze geben. — Faraday hatte durch diese Untersuchungen dem Energieprinzip so weit vorgearbeitet, daß er dieses selbst schon ahnte und seiner Ahnung an mehreren Stellen deutlich Ausdruck verlieh, ohne aber bis zu dem, erst von Mayer 1840 gefaßten Gedanken durchzudringen.

Seine Abneigung gegen die Newtonschen Fernkräfte, die wir aus seiner Unfähigkeit abstrakt zu denken erklärten, wurde durch die Ergebnisse seiner Untersuchungen nur gestärkt. Schon bei den elektrolytischen Vorgängen konnte er sich der Grothußschen Hypothese, welche eine Fernwirkung von den Elektroden aus annahm, nicht völlig anschließen, sondern dachte sich den Strom als eine „Achse von Kraft“, das heißt als eine Kraftlinie, welche längs ihrer ganzen Erstreckung das Medium, den Elektrolyten, modifizierte. Damit war die Grundlage zu einer Anschauung gegeben, die alle Fernkräfte durch Nahkräfte ersetzte und als Träger dieser Nahkräfte das Medium ansah. Um diese Hypothese experimentell zu beweisen, stellte Faraday Versuche mit einem Kondensator an, dessen Dielektrikum er auswechseln konnte. Dadurch wurde zum ersten Male gezeigt, daß

das Zwischenmedium auf die elektrischen Erscheinungen von großem Einfluß war, ein Ergebnis, welches Faraday veranlaßte, die gesamte elektrische Kraftwirkung auf einen Polarisationszustand dieses Zwischenmediums, des Dielektrikums, zurückzuführen. Was ihm bei elektrischen Kräften gelang, mißlang ihm zunächst bei magnetischen, bis er in der schon erwähnten Drehung der Polarisations ebene zeigte, daß auch eine große Anzahl anderer Körper magnetisch beeinflußt werden konnte. Fast unmittelbar auf diese Entdeckung folgte die ebenso bedeutende des Diamagnetismus, welche unzweideutig nachwies, daß alle Körper im magnetischen Feld eine Einwirkung erfahren und in ihren magnetischen Eigenschaften sich nur dem Grade nach verschieden zeigen.

So waren die Kraftlinien, welche für Faraday ursprünglich nichts als ein bequemes Bild bedeuteten, realisiert. Seine Vorstellung von der Nahwirkung und der Rolle des Zwischenmediums hatte die Newtonschen Fernkräfte überwunden, konnte aber von den Fachgenossen in ihrer vollen Bedeutung erst erfaßt werden, als Maxwell sie in das allen verständliche Gewand der Mathematik kleidete.

Von zwei Grundideen ging Faradays Lebenswerk aus, von dem Prinzip der Kräfteverwandlung und dem der Nahwirkung — und zu zwei Gipfelpunkten führten diese Grundideen im folgenden hin, zum Energiesatz und zur Faraday-Maxwellschen Elektrizitätstheorie.

Victor Engelhardt. Berlin.

Der Ursprung einiger wissenschaftlicher Ausdrücke. Eine Reihe astronomischer Bezeichnungen, die aus dem Arabischen stammen, wird heut in der Regel auf Grund der Angaben erklärt, die A. Wittstein im Jahre 1884 in der Zeitschr. für Math. u. Physik (Hist. lit. Abtlg. S. 169—174) gemacht hat. Wie C. Schoy in den *Mitteil. z. Geschichte der Medizin und der Naturw. Nr. 71/72 (1917)* darlegt, bedürfen diese Angaben mehrfacher Berichtigung.

Zenit, arab. *semt* (= Richtung), in spanischer und französischer Schreibart *zemt*, wurde durch Schuld der Abschreiber in Zenit verwandelt, mit dem Artikel *al* verbunden Alzenit oder Azenith. Das Wort dient ursprünglich zur Bezeichnung jedweder Richtung, z. B. Azenith capitis, Azenith occidentium et orientium circuli horizontalis, d. i. des Auf- und des Untergangspunkts am Horizont. Bei den europäischen Astronomen wird das Wort ausschließlich für

die Richtung nach dem Scheitelpunkt bzw. für diesen selbst gebraucht. Der Plural von *semt* heißt *simut* (zimut), er wurde von einem Übersetzer für eine Singularform gehalten und mit dem Artikel *al* verbunden. So entstand Alzimut und daraus Azimut in der Bedeutung von Horizontalrichtung.

Nadir, arab. *nazir*, der Aussprache des *z* entsprechend spanisch *nadir*, deutsch „Fußpunkt“.

Alhidade, arab. *al-hidad*, zu deutsch: Pfeiler, Säule, Pfosten. Die Alhidade ist ein Bestandteil des Astrolabiums. „Sie gleicht einem Lineal und hat zwei Vorsprünge, in der Mitte eines jeden von ihnen befindet sich ein Loch. Mit der Alhidade bestimmt man die Höhe der Sonne und der Gestirne.“ Daher schon bei Albathani *alhidada* = dioptra.

Theodolith, wahrscheinlich aus Alhidade mit dem englischen Artikel *th*.

Almukantarat, ein kleiner dem Horizont paralleler Kreis der Himmelskugel, arab. *muqantarat*, Gewölbebogen, von *qantara*, Brücke, Wölbung, Bogen, Aquädukt. (Daher auch das spanische Alcantara und das am Suezkanal gelegene El-Kantara, an der sogen. Brücke (Landenge) zwischen Mangaleh-See und Balah-See.)

Weitere Erklärungen betreffen die Wörter Alruchama (Uhr), Qibla (eine nach Mekka weisende gerade Linie), Miqjas (Nilzeitmesser), Mukhula (kegelförmige Sonnenuhr), Algebra (die Vereinigung des Getrennten), Ziffer (*sifr*, ganz leer), *x* Abkürzung von *xei*, Sache = *res*). —

Eine andere Reihe von Bezeichnungen, die der Chemie angehören, behandelt H. Diels in *Etymologica, Zeitschr. f. vgl. Sprachforschung 1916 Bd. 47*. Neben Chemie vom griech. *χῆμα*, wie bereits 1906 von dem Griechen M. K. Stephanides vorgeschlagen worden ist (vgl. auch Diels, *Antike Technik, d. Z. 28, 282*) wird das Wort Asbest untersucht. Der Grieche hat unseren Asbest *ἀμιαντος* genannt, die aus unverbrennlichem Asbest hergestellten Kleider hießen *ἀκαυστικά*. Dagegen bedeutete *ἀσβεστος* meist „ungelöschten Kalk“ oder irgend ein brennbares Mineral. — Das Wort Asphalt kommt nach einer aus dem 16. Jahrhundert stammenden Deutung von *σφάλλειν*; es bedeutet das Bindemittel, welches die Mauern davor schützt, umgestoßen zu werden (*σφάλλεσθαι*). — Die Pyramide hat ihren Namen von einem sakralen Weizenbäck, den *πυραμίδες*, denen sie wohl in der Gestalt ähnlich war.

P.

4. Unterricht und Methode.

Der Erdmagnetismus im Unterricht. Im *Geographischen Anzeiger* 18. Jahrg. 1917, Heft 5 macht A. NIPPOLDT in Potsdam einige Vorschläge zum schulgemäßen Unterricht aus diesem Gebiet. Der Verfasser glaubt aus den Erfahrungen, die er namentlich bei volkstümlichen Vorträgen und Führungen gemacht hat, schließen zu sollen, daß selbst die einfachsten Tatsachen des Gebiets kein sicherer Besitz aller sind. „Den meisten ist zwar bekannt, daß der Kompaß nach Norden weist, aber wie wenige wissen die Tatsache der Mißweisung!“ „Wie wenige haben überhaupt ein Bild davon, wie der Schiffer auf freiem Meer die gewünschte Segelrichtung innehalten kann.“ Gewöhnlich begnüge sich der Laie damit, daß der Seemann nach den Sternen fährt, ohne zu ahnen, daß ohne den Kompaß die Sterne nicht ausreichen, daß aber der Kompaß auch ohne astronomische Messungen für sich allein schon die Aufgabe lösen kann. „Die Sternbeobachtungen liefern zunächst nur die geographische Lage des Fahrzeugs; aus dieser und dem Ziel der Fahrt ergibt sich der fernerhin einzuhaltende Kompaßkurs. Nur wem dies Ineinanderspielen klar geworden ist, eröffnet sich erst ein umfassendes Bild von der Bedeutung der Erfindung des Kompaß für die weltbeherrschende Ausbreitung der europäischen Kultur. Ohne die nordweisende Nadel hätten wir nicht zur Zeit des Columbus daran denken können, das Weltmeer zielbewußt zu durchsegeln. Ja, es ist sogar von dem in der Geschichte des Kompaß besonders bewanderten Hamburger Kapitän A. Schück nachgewiesen worden, daß auch schon die Normannen bei ihren Fahrten nach Island, Grönland und Labrador, also im achten und neunten Jahrhundert, ein Hilfsmittel besessen haben müssen, das die gleichen Dienste tat, wie heute sie der Kompaß besorgt; ob es tatsächlich ihr späterer Leidarstein war, ist zunächst unbeweisbar. Sicher ist dagegen, daß schon rund vierhundert Jahre vor der ersten Amerikafahrt die mittelländische Seeschiffferei sich des Kompaß bediente, und auch hier darf man sagen, daß die Entwicklung der Seeherrschaft mit der besseren Verwertung der nordweisenden Nadel Hand in Hand ging. Mit der Kenntnis von der Bedeutung der Magnetnadel für die Weltgeltung der europäischen Schifffahrt treibenden Völker sollte jeder, auch der Volksschüler ins Leben hinaustreten.“

Bei dieser Gelegenheit weist der Verfasser auch von neuem darauf hin, daß der sagenhafte Erfinder des Kompasses, Flavio Gioja, nie gelebt hat, sondern seinen Ruhm nur einer Abschreiber-Flüchtigkeit verdankt. Wahrscheinlich

ist indessen, daß der erste seetüchtige Kompaß von Italienern, vermutlich von den Amalfitanern, gebaut worden ist.

Der Schüler müsse ferner erfahren, daß die Erde selbst ein großer Magnet sei und daß daher die Erscheinung der Nordweisung rühre. „Der Nachweis, daß die Erde ein Magnet ist, ergibt sich am einfachsten aus der Tatsache der Inklination; die Nordhalbkugel zieht eben den einen, die Südhalbkugel den anderen Pol der Nadel an, mithin ist die erstere süd- und die letztere nordmagnetisch. Allein die Inklination wird nur ein Lehrgegenstand höherer Schulen sein können. Man muß sich dann damit begnügen, den Magnetismus der Erde glaubhaft zu machen. So ganz leicht ist das zunächst nicht, da ja der Schüler nur das Eisen als magnetischen Körper zu kennen pflegt. Deshalb sollte jede Schule sich wenigstens einen natürlichen Magneten verschaffen und überhaupt ihre mineralogische Sammlung auf Steine untersuchen, die die Magnetnadel ablenken; es sind deren gar nicht so wenige. Die Erdarten werden am besten durch einen Ziegelstein vertreten, von dem jeder Schüler weiß, daß er aus Lehm gebrannt worden ist. Sie zeigen in der Regel einen starken Eigenmagnetismus, was wie bekannt, bei dem Bau magnetischer Observatorien zu berücksichtigen ist.“

Ein anderer einfacher Nachweis dafür, daß die Erde ein Magnet sei, werde durch die induzierende Wirkung des Erdfeldes auf weiches Eisen erbracht; selbst in Lehrbüchern der Physik sei diese Eigenschaft oft nicht oder nur ungenügend behandelt. In den Anfängen der Lehre vom Magnetismus ist dem Schüler schon gezeigt, wie ein Magnet in einen Eisenkörper Magnetismus induziert. Wird nun der Versuch über das Auftreten von Magnetpolen in einem senkrecht gehaltenen Eisenstab ausgeführt, so ist daraus zu schließen, daß auch die Erde ein magnetisches Feld hat.

„Damit ist das Wesentlichste erschöpft, das vom Standpunkt des Fachmanns die Schule mitzugeben hätte; von diesen Dingen ist aber auch zu wünschen, daß sie tatsächlich fester Besitz werden. Hier und dort wird die Schule selbst noch den Wunsch haben, noch weitere Punkte aus dem Gebiet des Erdmagnetismus vorzutragen; so bedarf der Physikunterricht der Horizontalintensität oder der elektromagnetischen Induktion beim Erdinduktor, der Geograph wird auf die Verteilung der erdmagnetischen Elemente über die Erde näher eingehen wollen, auch die Besprechung des absoluten Maßsystems lenkt auf erdmagnetische Fragen

hin. Ein Lehrer, der der Sache besonderen Wert beimißt, wird gerne über die Ergebnisse der Forschung sich etwas eingehender auslassen, also über die Variationen und ihre Verbindung mit der Sonnentätigkeit, die Elektronenstrahlung der Sonne, die kosmischen magnetischen Vorgänge, den Einfluß der Festlandsverteilung auf die isomagnetischen Linien und anderes mehr. In allen diesen Fällen ist nur zu wün-

schen, daß das mühselig erreichte und gegen früher unfraglich vertiefte Wissen auch nach seinem jetzigen Stand berücksichtigt wird.“

Zur Orientierung für den Lehrer wird schließlich die 10. Auflage des Müller-Pfaundler'schen Lehrbuchs (worin A. Nippold einen besonderen Abschnitt über den Erdmagnetismus bearbeitet hat) und für die Schüler ein Bändchen der Sammlung Göschen (Nr. 175) empfohlen. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Behandlung der Blitzableiterfrage in den Schulen. Hierzu veröffentlicht der Verband Deutscher Elektrotechniker folgende Kundgebung:

Während des Krieges hat es sich gezeigt, daß der vom Verbands Deutscher Elektrotechniker vertretene Standpunkt, daß die allgemeine Einführung der Blitzableiter besonders auf dem Lande dringend erforderlich ist, die allergrößte Wichtigkeit besitzt.

In Deutschland werden jährlich Werte von 12 Millionen Mark durch Blitzschlag vernichtet. Von diesen Verlusten entfallen auf ländliche Bezirke im Mittel mehr als 93%, so daß mit größter Wahrscheinlichkeit damit zu rechnen ist, daß in den ländlichen Bezirken allein jährlich 11 Millionen Mark verloren gehen.

Dieser Schaden ist besonders bedenklich, da hierdurch Vieh und Bodenerzeugnisse vernichtet werden, die unersetzbar sind.

Mit dieser Vernichtung sind aber auch Betriebsstörungen verbunden, deren Wert in den vorher angegebenen Verlustziffern nicht enthalten ist und die an sich große wirtschaftliche Werte darstellen.

Zu berücksichtigen ist ferner, daß der Staat an der Erhaltung unserer Arbeitswerte größtes Interesse hat, denn unsere Arbeitskräfte benötigen wir zur Weiterentwicklung; Zerstörungen und damit Wiederherstellungsarbeiten müssen vermieden werden.

Es ist ferner zu bedenken, daß auch die Materialverluste, die in den zerstörten Immobilien stecken, im Interesse einer nationalen Wirtschaft unbedingt vermieden werden sollten.

Auch treten bei Blitzschlägen auf dem Lande viel eher Beschädigungen von Personen auf als bei Schlägen auf städtische Gebäude, die mit ihren vielen Metallteilen den Blitz wenigstens teilweise ableiten.

Es ist deshalb unbedingt anzustreben, daß für ländliche Bezirke mehr Blitzableiter als bisher gebaut werden.

Nun lassen sich einfache Blitzableiter, die, wenn auch nicht jeden Schaden, so doch zum mindesten die groben Beschädigungen und Brände,

auf die mehr wie 90% des Gesamtschadens entfallen, verhindern, dadurch herstellen, daß man unter Benutzung der an den Gebäuden vorhandenen Metallteile die Anbringung von Dachleitungen, Anschluß der Metallteile an die Wasserleitungen oder sonstige Erdungen, einen Blitzableiter schafft, der durch seine einfache Ausführung billig und doch zweckmäßig wird.

Leitsatz 1 des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, der diese allgemeine Verbreitung der Blitzableiter fordert, sagt hierüber:

„Der Blitzableiter gewährt den Gebäuden und ihrem Inhalte Schutz gegen Schädigung oder Entzündung durch den Blitz. Seine Anwendung in immer weiterem Umfange ist durch Vereinfachung seiner Einrichtung und Verringerung seiner Kosten zu fördern.“

Die Verbreitung solcher einfacher Anlagen wurde bisher dadurch verhindert, daß der Bevölkerung schon in den Schulen der Blitzableiter meist als eine Vorrichtung dargestellt wurde, die durch hohe Stangen und auf diesen angebrachte besondere Spitzen Blitzschläge durch Aufsaugen der Elektrizität verhindert. Es wurde ferner entgegen dem im Leitsatz 4 des Verbandes Deutscher Elektrotechniker betonten Standpunkt, daß ein unvollkommener Blitzableiter die Blitzgefahr nicht vergrößert, immer wieder behauptet, daß ein unvollkommener Blitzableiter die Blitzgefahr erhöht.

Im Leitsatz 4, der diesen Anschauungen entgegentritt, heißt es:

„Es tragen aber auch schon metallene Gebäudeteile von größerer Ausdehnung, insbesondere solche, welche von den höchsten Stellen der Gebäude zur Erde führen, selbst wenn sie ohne Rücksicht auf den Blitzschutz ausgeführt sind, in der Regel zur Verminderung des Blitzschadens bei. Eine Vergrößerung der Blitzgefahr durch Unvollkommenheiten des Blitzableiters ist im allgemeinen nicht zu befürchten.“

Ferner war meist nur von der Benutzung kupferner Blitzableiter die Rede, während Eisenleitungen einen genau so guten Blitzableiter ergeben. Kupfer muß unter allen Umständen

jetzt gespart werden, da es nicht allein durch seine hohen Kosten die Anwendung der Blitzableiter vielfach verhindert, sondern auch als Material, das wir vom Auslande beziehen müssen, in Zukunft überhaupt nicht mehr in Betracht kommen sollte.

Nun wird aber trotz dieser Arbeiten des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und obwohl fast sämtliche Regierungen die Leitsätze anerkannt und als Richtlinien für die Herstellung der Blitzableiter vorgesehen haben, immer noch in vielen Schulen sowohl im Unterricht als auch in den Lehrbüchern der Blitzableiter mehr physikalisch als technisch behandelt, und es wird auch viel zu wenig auf die technische und volkswirtschaftliche Bedeutung der Blitzableiter hingewiesen.

Aber das, was die Jugend in der Schule gelernt hat, und was die Lehrbücher enthalten, hat für später eine dauernde Wirkung, die nur außerordentlich schwer richtiggestellt werden kann. Da außerdem eine Reihe von Blitzableitersetzern, die in diesen Anschauungen groß geworden sind, und die teilweise auch aus geschäftlichen Gründen lieber teure als billigere Anlagen bauen, diese Anschauungen immer weiter nähren, so kann nur dann auf eine Besserung gehofft werden, wenn die Unterrichtsverwaltungen dem entgegenreten.

Im Unterricht in den Schulen als auch in den Lehrbüchern müßten daher folgende Gesichtspunkte besonders hervorgehoben werden, die für die Konstruktion der Blitzableiter maßgebend sind:

1. Der Blitzableiter gewährt den Gebäuden und ihrem Inhalte Schutz gegen Schädigung oder Entzündung durch den Blitz. Der Blitzableiter soll also nicht etwa durch seine Spitzen Elektrizität ausstrahlen oder auf-

saugen, sondern die auf die Gebäude niedergehenden Blitzschläge ableiten. Seine Anwendung in immer weiterem Umfange ist durch Vereinfachung seiner Einrichtungen und Verringerung seiner Kosten zu fördern.

2. Es tragen schon metallene Gebäudeteile von größerer Ausdehnung und besonders solche, welche von den höchsten Stellen der Gebäude zur Erde führen, in der Regel zur Verminderung des Blitzschadens bei. Eine Vergrößerung der Blitzgefahr durch Unvollkommenheiten des Blitzableiters ist im allgemeinen nicht zu befürchten.
3. Kupfer für Blitzableiter zu verwenden, ist nicht erforderlich.
4. Es ist dringend nötig, daß möglichst viele Gebäude, besonders aber alle Gebäude, in denen Getreide, Heu, Stroh und sonstiges leichtbrennbares Material aufbewahrt wird, mit Blitzableitern versehen werden. Maßgebend für die Ausführung der Blitzableiter sind stets die „Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz“ des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Um den Lehrern Gelegenheit zu geben, sich über die maßgebenden technischen Punkte ein eigenes Urteil zu verschaffen, sollte in jeder Schulbücherei ein Exemplar der Leitsätze des Verbandes Deutscher Elektrotechniker sowie ein allgemein verständliches Buch, etwa „Vereinfachte Blitzableiter“ von Ruppel (Verlag Springer-Berlin) oder „Ratschläge über den Blitzschutz der Gebäude“ von Findeisen (Verlag Springer) vorhanden sein.

Je schneller es gelingt, diesen Anschauungen in allen Schulen Geltung zu verschaffen, um so eher wird es möglich sein, die gewaltigen, unsere Volkswirtschaft durch Blitzschlag treffenden Verluste zu verringern.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Grundgleichungen der Mechanik, dargestellt auf Grund der geschichtlichen Entwicklung. Von Arthur Erich Haas. Leipzig, Veit & Comp., 1914. VI u. 216 S.

Das Werk, das aus Vorlesungen an der Universität Leipzig zur Einführung in die theoretische Physik hervorgegangen ist, soll wesentlich einen didaktischen Zweck erfüllen, man darf daher an das Buch nicht den Maßstab einer wissenschaftlichen Untersuchung legen. Insbesondere kann es nicht als ein Mangel bezeichnet werden, wenn ein Zurückgehen auf die Quellen und das Zutagefördern neuer Ergeb-

nisse aus diesen Quellen nicht zu bemerken ist vielmehr die Entwicklung sich in den Bahnen hält, die schon in ähnlichen Darstellungen mehrfach beschritten sind, und auch die Benutzung dieser früheren Darstellungen durch den Verfasser deutlich erkennbar wird. Von dem bekanntesten unter den hier in Betracht kommenden Werken, Machs vortrefflicher „Mechanik in ihrer Entwicklung“, unterscheidet sich das vorliegende Buch wesentlich durch eine stärkere Betonung der analytisch-mathematischen Seite. Im großen und ganzen ist aber ein ähnlicher Gedankengang befolgt. Der Verfasser

geht ebenso wie Mach bis zu dem Hamiltonschen Prinzip und den Hamiltonschen Bewegungsgleichungen. Weiter glaubte er die Entwicklung nicht fortsetzen zu sollen, und er hat es sich deshalb versagt, auf die Forschungen der neueren Zeit über die Prinzipien der Mechanik einzugehen. Er sagt selbst darüber in der Vorrede: „Wenn auch diese Forschungen die wesentlichen Grundlagen der theoretischen Mechanik betreffen und ohne ihre Kenntnis heute ein tieferes Eindringen in die Prinzipie der Mechanik kaum mehr möglich ist, so glaubte ich sie doch in diesem Buche, das ja nur der Einführung in die Mechanik dienen soll, besser übergehen zu sollen. Ich fürchtete, bei Anfängern nur Verwirrung anzurichten, wenn ich etwa bei der Besprechung der Lagrangeschen Forschungsergebnisse von Schwierigkeiten spreche, die Lagrange selbst gar nicht zum Bewußtsein gekommen waren.“

Zu der historischen Behandlungsweise ist der Verfasser durch die Überzeugung geleitet worden, „daß der Anfänger die Prinzipie der theoretischen Physik am leichtesten erfaßt, wenn er auch die Gedankengänge erfährt, die seinerzeit zu ihrer Auffindung führten, und wenn er ferner die fundamentalen Überlegungen der theoretischen Physik in der Form kennen lernt, in der sie von ihren eigentlichen Urhebern zuerst in klarer Weise ausgesprochen wurden.“ Der Gedanke, daß eine solche historische Darstellung nicht bloß das Interesse belebt, sondern auch das Verständnis erleichtert, ist in der Tat durchaus berechtigt. Es ist dabei nur folgendes zu bedenken: Eine didaktische Verwendung des historischen Entwicklungsganges setzt voraus, daß aus diesem Entwicklungsgange das herausgehoben wird, was an endgültigen Ergebnissen stehen geblieben ist. Das viele Schiefe, Falsche und Verworrene, das notwendigerweise mit unterläuft, die Lehrmeinungen, die einmal herrschend waren, aber wieder aufgegeben wurden, alles das wird vorsichtigerweise beiseite gelassen, weil es den Hörer nur verwirren und ihm keine brauchbare Bereicherung seines Wissens geben würde. So ist auch das, was in dem vorliegenden Buche zu finden ist, nur das, was den Wandel der Zeiten überdauert hat, ja, die Darstellung befolgt den Grundsatz, wo es angebracht scheint, die gegenwärtig übliche Fassung unmittelbar an die Schilderung der ersten Auffindung eines Gesetzes oder Lehrsatzes zu knüpfen, trotzdem sie dem Entdecker gänzlich fern liegen mußte, so wenn bei den Keplerschen Gesetzen deren Ausdruck in Polarkoordinaten und mit Hilfe der Differentialrechnung gegeben wird.

Es handelt sich also nicht im eigentlichen Sinne um eine Geschichte der Mechanik, sondern nur um eine aus didaktischen Gründen historisch gefärbte Mechanik, womit natürlich nicht gesagt sein soll, daß nicht auch eine Fülle wirklich historischer Tatsachen dabei zur Geltung kommt und die historische Einsicht eine beträchtliche Förderung erfährt. Aber eine Geschichte im eigentlichen Sinne ist es nicht, denn für diese ist nur maßgebend, was zu der betreffenden Zeit galt, nicht aber, was in der Gegenwart gilt. Eine wirkliche Geschichte der mechanischen Grundbegriffe würde daher immerhin ganz anders aussehen, sie würde aber für Anfänger kaum geeignet sein.

Die Rücksicht darauf, daß es sich um ein Buch für jüngere Semester handelt, mag es auch gerechtfertigt erscheinen lassen, wenn über Hamilton nicht hinausgegangen wird, trotzdem die interessanteste Phase in der Entwicklung der mechanischen Prinzipien eigentlich erst da einsetzt. Der Wunsch bleibt deswegen doch bestehen, etwa eine ergänzende Darstellung zu besitzen, die nun weiter zeigt, wie die an das Prinzip der kleinsten Aktion anknüpfende Entwicklung über Euler, Lagrange, Rodrigues, Hamilton, Gauß, Jacobi schließlich bis zu der Hertzschen kräftelosen Mechanik und dem in ihr geltenden Grundprinzip hinführt und wie daran die anders gearteten Untersuchungen von Helmholtz, Boltzmann, Hölder u. a. sich anschließen. Die analytischen Hilfsmittel, die dafür erforderlich sind, scheinen mir mit nicht allzu großen Schwierigkeiten verknüpft zu sein. Es wird nicht sehr viel mehr erforderlich sein, als was auch in dem vorliegenden Buche an Differential-, Integral- und Variationsrechnung gebraucht wird. Würde der Verfasser diese ergänzende Darstellung liefern, so würde er sich ein großes Verdienst erwerben.

H. E. Timerding, Braunschweig.

Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie. (Gemeinverständlich.) Von A. Einstein. Sammlung Vieweg: Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 38. Braunschweig 1917. Preis M. 2,80.

Der Verfasser stellt die alte, spezielle und die neue, allgemeine Relativitätslehre so dar, daß die Grundlagen gegenüber der formalen, mathematischen Seite mehr hervortreten. Hierdurch werden die Schwierigkeiten und inneren Widersprüche leichter erkennbar als in den früheren Abhandlungen Einsteins; vgl. z. B. S. 25, wo man unschwer folgern kann, daß die Theorie entweder — was aber Einstein augen-

scheinlich nicht will — die Eindeutigkeit des realen Naturgeschehens aufzuheben zwingt, oder aber — was Einstein augenscheinlich auch nicht will — die Relativität der Bewegungen fallen lassen und absolute Ruhe und absolute Bewegungen einführen muß. — Die Ableitung der säkularen Perihelstörung des Planeten Merkur wird auf S. 69 als ein Ergebnis der Relativitätstheorie hingestellt, andererseits wird auf S. 70 zugegeben, daß „die Erklärung dieser Erscheinung nach der klassischen Mechanik gelingt“; einschränkend wird hinzugesetzt: „nur unter Zugrundelegung von ausschließlich ihrthalben erdnenen, wenig wahrscheinlichen Hypothesen“. Einstein nennt die Quelle nicht, aus der hervorgeht, daß die Merkurstörung allein durch klassische Mechanik und ohne alle Relativitätsbetrachtungen quantitativ ableitbar ist: nämlich die Untersuchungen von Gerber. Die Kürze des Einsteinschen Buches vermag das Verschweigen des Namens Gerber nicht zu erklären; die zum Ausdruck gebrachte Gering-schätzung der Leistungen Gerbers kann die Tatsache nicht beseitigen, daß Gerber schon vor 20 Jahren die Formel für die Merkurstörung gefunden hat. Augenscheinlich soll der „liebe“ Leser, wie Einstein sagt, keinen andern als einen rosigen Eindruck von der viel umstrittenen Relativitätstheorie erhalten. Es ist jedenfalls alles, was dem Ansehen der Theorie auch nur von ferne schaden könnte, ängstlich in der Darstellung vermieden, und so wird, wie in früheren Schriften Einsteins (vgl. *Annalen der Physik* 51, S. 119—124, 1916), die wissenschaftliche Objektivität zugunsten der suggestiven Wirkung auf das Publikum zurückgestellt.

E. Gehrcke.

Erwin Freundlich. Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie. Mit einem Vorwort von Albert Einstein. Berlin, Julius Springer, 1916. 64 S.

Moritz Schlick. Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik. Zur Einführung in das Verständnis der allgemeinen Relativitätstheorie. Berlin, Julius Springer, 1917. 63 S.

Beide Schriften versuchen, die Grundgedanken der allgemeinen Einsteinschen Relativitätstheorie einem weiteren Leserkreise zugänglich zu machen.

Die erstgenannte gibt insbesondere einen recht lehrreichen Überblick über die Probleme der klassischen Mechanik, die wegen der Schwierigkeiten ihrer Erklärung den Anstoß zur Relativitätstheorie gegeben haben. Ferner werden die Ideen Riemanns ausführlicher dargelegt und ihre Bedeutung für die Einsteinsche

Theorie besonders betont. Endlich ist noch ein Abschnitt hervorzuheben, der von der Prüfung der neuen Theorie durch die Erfahrung handelt; er ist um so lesenswerter, als der Verfasser selbst an den Arbeiten zur experimentellen Begründung der Theorie Anteil genommen hat. Als Anhang sind eine Anzahl Anmerkungen hinzugefügt, in denen eine recht ausführliche Literatur und sonstige nützliche Hinweise enthalten sind. Das Studium der Schrift kann sehr empfohlen werden.

Die zweite Abhandlung will dem Leser einen Zugang zu der neuen Theorie bahnen und dazu „in kritischer Besinnung die Ideen über Raum und Zeit zur Klarheit zu bringen suchen, die das Fundament der neuen Lehre bilden und ihr Verständnis mit sich führen“. Daher werden allerlei mit der Relativitätstheorie mehr oder minder im Zusammenhang stehende Fragen aus den Grenzgebieten zwischen Physik, Geometrie und Philosophie herangezogen. Ich habe nicht den Eindruck, daß auf diese Weise das Eindringen in den Gedankenkreis der Relativitätstheorie erleichtert würde; ich fürchte vielmehr, daß bei der Fülle der auf ihn eindringenden ungewohnten Fragestellungen dem ahnungslosen Leser bald das berühmte Mühlrad in Bewegung gerät. Kommt hinzu, daß die Sprache des Verfassers nicht immer die Schlichtheit besitzt, die besonders vonnöten ist, wenn die formelmäßige Darstellung unterbleiben soll. Was soll man sich zum Beispiel unter einer „denkbar weitestgehenden, nicht mehr überbietbaren Relativierung aller Raum- und Zeitbestimmungen“ vorstellen, wenn man nicht mit der mathematischen Seite der Sache, der Invarianz gegen beliebige Koordinatentransformationen, schon vertraut ist. Im übrigen ist natürlich auch diese Schrift lesenswert und zum Nachdenken anregend, vielleicht gerade deswegen, weil sie den kritischen Leser zuweilen verleitet, auch einmal anderer Ansicht zu sein als der Verfasser. *R. Rothe, Berlin.*

Dynamische Meteorologie. Von Felix M. Exner. 68 Textabbildungen. IX u. 308 S. Leipzig und Berlin. B. G. Teubner, 1917. Geb. M. 18,15.

Wie der Verfasser selbst betont, ist seit dem grundlegenden „Lehrbuch der Meteorologie“ von Sprung (1885) in deutscher Sprache kein Werk erschienen, das sich die theoretische Behandlung der Meteorologie zur Aufgabe macht. Bjerkness' groß angelegte, im Erscheinen begriffene „Dynamische Meteorologie und Hydrographie“ behandelt hauptsächlich die methodischen Fragen vom Standpunkt seiner Schule

aus. So hilft vorliegender Band einem wirklichen Bedürfnis ab, da er einen vollständigen Überblick über die neue und alte Literatur gewährt und demjenigen, der sich unterrichten will, durch reiche Quellenangaben ein guter Wegweiser ist. — Aber nicht nur der Meteorologe vom Fach wird Freude an der Lektüre des Buches haben, auch dem Physiker und Mathematiker dürfte es Vergnügen bereiten, wenn er sieht, wie sich, allerdings oft noch sehr spröde, die Meteorologie einer theoretisch-mathematischen Behandlung zugänglich erweist. Der Verfasser erblickt als das, freilich noch nicht erreichbare, Ideal seiner Aufgabe die Aufdeckung eines Kausalzusammenhangs im meteorologischen Geschehen, der es erlaubt, aus einem gegebenen Anfangszustand mit Hilfe der hydro- und thermodynamischen Gleichungen den Folgezustand eindeutig zu berechnen. Nach einer physikalischen Vorbereitung, in welcher er die mechanischen und thermischen Grundlagen mit Beziehung auf das vorliegende Problem kurz wiederholt, wendet der Verfasser die hydrodynamischen Grundgleichungen auf meteorologische Vorgänge an. Im speziellen Teil kommen, nach einer Besprechung der für die untersuchten Bewegungen nötigen Energiequellen, erst die großen stationären Ströme, die Windsysteme der Erde zur Behandlung, und dann folgt eine Betrachtung der lokal begrenzten Erscheinungen, der Zyklone und Antizyklone. Den Beschluß bilden die periodischen Vorgänge der Atmosphäre, die Wogenwolken, die Temperatur- und Luftdruckwellen. — Um uns eindringlich vor Augen zu führen, wie gesetzmäßig auch die scheinbar regellosesten Erscheinungen der Natur verlaufen, ist keine Wissenschaft geeigneter, als die Meteorologie, denn die meteorologischen Vorgänge beeinflussen ständig unser Tun und Lassen. So wird vorliegendes Werk auch dem Lehrer für den Unterricht Anregung geben, denn dieser läßt sich am lebendigsten dadurch gestalten, daß wir in der Natur Erscheinungen aufzeigen, welche die vom Experimentiersaal her bekannten Gesetze befolgen.

V. Engelhardt.

Das Leitvermögen der Elektrolyte, insbesondere der wässrigen Lösungen, Methoden, Resultate und chemische Anwendungen. Zweite, vermehrte Auflage von Dr. F. Kohlrausch, weiland Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, und Dr. L. Holborn, Direktor bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Mit in den Text gedruckten Figuren und einer Tafel. Leipzig und Berlin, Verlag und Druck von B. G. Teubner, 1916. XVI u. 237 Seiten. M. 7.50.

Nach 18 Jahren ist eine Neuauflage des Kohlrausch-Holborn nötig geworden, obwohl niemand, der sich mit elektrischem Leitvermögen von wässrigen Lösungen beschäftigte, ohne das Buch auskommen konnte! In der Zwischenzeit ist die Methode durch die von Kohlrausch zusammen mit Holborn und Diesselhorst eingeführten, sehr bequemen Eichlösungen und den Kohlrausch-Holborn selbst derart in Aufnahme gekommen und hat sich die C-G-S-Einheit des Leitvermögens so allgemein eingeführt, daß ein gut Teil der Tabellen in der ersten Auflage des Buches durch neue, sichere, weil nicht umgerechnete Zahlen ersetzt werden konnte. Nach Kohlrauschs Tode hat Holborn das Werk in der alten, vorsichtig wägenden, exakten Weise weitergeführt, so daß sich eine eingehendere Besprechung fast erübrigt.

In einer neuen Auflage müssen die durchweg unsicheren Zahlen von Jones und Schülern S. 175—176 fortbleiben; sie stimmen unter sich schlecht und widersprechen den guten Zahlen der Kohlrausch-Schule. Dafür könnten andere amerikanische Publikationen, namentlich die methodischen Arbeiten von A. A. Noyes und G. Falk, sowie von Washburn in den Text mitverarbeitet und noch vollständiger in der Literaturübersicht berücksichtigt werden.

Die Arbeiten der exakten, aus deutscher Schule hervorgegangenen, amerikanischen Forscher verdienen aus mehr als einem Grunde eine genaue Berücksichtigung in deutschen Büchern, schon um nach dem Kriege den Absatz der deutschen, wissenschaftlichen Literatur in Amerika nicht unnütz zu erschweren. Bei unseren vielen Gegnern macht sich vielfach das Bestreben geltend, die „Hegemonie der deutschen wissenschaftlichen Publizistik“ durch „ententistische“ Materialsammlungen zu bekämpfen. Die wirksamste Waffe dagegen ist aber eine weitgehendere Berücksichtigung der wirklich exakten, fremden Forschungsergebnisse.

W. Roth, Greifswald.

Physikalisch-chemische Übungen. Von W. A.

Roth. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 72 Abbildungen. Leipzig 1916. Verlag von Leopold Voß. 247 S.

Das Buch ist in erster Linie dazu bestimmt, Studierende mit den Arbeitsmethoden der physikalischen Chemie bekannt zu machen und sie zur exakten Beobachtung, sowie zur richtigen und zweckmäßigen rechnerischen Verwendung der Beobachtungsdaten anzuleiten. Demgemäß werden in den einzelnen Abschnitten, die von der Bestimmung der Dichte, des Molekulargewichts gasförmiger und gelöster Stoffe, der

Bildungs-, Lösungs-, Neutralisations-, Verbrennungs- und Verdampfungswärme, des Brechungsquotienten, des Drehungswinkels der Polarisationsebene, und endlich eingehend von der Messung der elektrischen Größen (Leitfähigkeit, Ionenbeweglichkeit, Überführungszahlen, elektromotorische Kräfte, Einzelpotentiale, Zersetzungsspannungen, Kapazitäten, Dielektrizitätskonstanten) handeln, in kurzer und prägnanter Form die theoretischen Grundlagen erörtert, auf denen die Messung beruht, die bei ihr zur Anwendung kommenden Apparate beschrieben und durchgeführte Beispiele für die Berechnung der gesuchten Größen aus den Versuchsergebnissen gegeben. Dem Buch, dessen erste Auflage im Jahre 1907 erschien (vgl. die Besprechung in dieser Zeitschrift 21, 67), ist die reiche Erfahrung zugute gekommen, die der Verfasser seitdem in seiner Tätigkeit als Forscher und als akademischer Lehrer gewonnen hat; es läßt allenthalben erkennen, daß, wie es der Laboratoriumspraxis dienen soll, es aus ihr hervorgegangen ist. Gerade in denjenigen theoretischen Erörterungen, die dem Lernenden besondere Schwierigkeiten zu bereiten pflegen, ist mit besonderer Sorgfalt das Wesentliche in den Vordergrund gestellt, und in bezug auf die Handhabung der Apparate findet sich eine so große Zahl von schätzenswerten Hinweisen, daß auch der Lehrer der Physik und Chemie die mannigfachste Belehrung aus dem Buche gewinnen kann. Dazu kommt, daß sich nicht wenige von den Versuchsanordnungen, wie z. B. der Nachweis des Boyleschen Gesetzes unter Verwendung der Hempelschen Bürette, das Verfahren zur Bestimmung der Dichte von Gasen und viele Anordnungen zur Messung elektrischer Größen, ohne weiteres im Schulunterricht benutzen lassen. Das treffliche Buch sei daher der Beachtung aller Fachgenossen bestens empfohlen. *H. Böttger, Grunewald.*

Grundriß der allgemeinen Chemie. Von Wilhelm Ostwald. 5. Aufl. (11. u. 12. Tausend). Mit 69 Figuren. Dresden und Leipzig 1917, Th. Steinkopff. 647 S. M. 24,—. Geb. M. 25,50.

Schon die vierte, in dieser Zeitschrift nicht angezeigte Ausgabe des Buches hatte eine wesentliche Umgestaltung erfahren, die einerseits auf eine Erleichterung in der Auffassung der vorgetragenen Lehren abzielte, andererseits durch die Einfügung neuer Abschnitte, wie der Gasen und radioaktiven Stoffe, sowie der Kolloide, vor allem auch durch die restlose Anerkennung der atomistischen Anschauung sich kennzeichnete. In der vorliegenden Ausgabe haben besonders die erwähnten Abschnitte, entsprechend den umfangreichen Forschungsergebnissen, weitere

Bereicherungen erfahren; hier konnte, bei der Überarbeitung des Kapitels Kolloidchemie, der Verfasser sich der fachmännischen Hilfe seines Sohnes Wolfgang erfreuen. Auch in diesen Bereicherungen bewährt sich das Hauptkennzeichen des ganzen Buches: Die weitgehende Hineinflechtung des geschichtlichen Moments. Indem bei den einzelnen neuen Begriffen immer auf die geschichtliche Entwicklung geblickt wird, und nicht nur die Namen der Forscher, sondern auch die entsprechenden einzelnen Arbeiten Erwähnung finden, kommen allmählich alle wichtigen Marksteine der Entwicklung der Chemie zur Betrachtung und jeder erhält die ihm zukommende Beleuchtung. Hierdurch wird, zumal bei der Erörterung schwierigerer Verhältnisse, nicht nur außerordentliche Klarheit erzielt, sondern auch die ganze Darstellung belebt. Denn nun stellt sich die hier gekennzeichnete Entwicklung einer Fachwissenschaft als ein Glied der gesamten kulturellen Entwicklung bzw. der Entwicklung des Menschengesistes dar. Es sollte kein wissenschaftliches Lehrbuch, aber auch keins für die Mittelschulen verfaßt werden, in welchem nicht in dieser oder ähnlicher Weise der Werdegang der gezeichneten Wissenschaft markiert wird. Leider gibt es noch genug Mittelschullehrbücher, in denen das geschichtliche Moment nur ganz unvollkommen oder gar nicht zur Geltung kommt. Den Verfassern solcher Lehrbücher sei die Ostwaldsche Darstellung ganz besonders warm empfohlen. Übrigens ist Georg Stahl, auf den wir, trotz seines Irrtums in betreff der Verbrennungerscheinungen, stolz zu sein alle Veranlassung haben, im Register nur einmal (S. 463) aufgeführt, obgleich noch an anderer Stelle (S. 215) ein treffender Ausspruch (über die Zerlegung eines Stoffes) von ihm erwähnt wird. Friedrich Mohr, ein durchaus originaler Denker und Förderer physikalisch-chemischer Anschauungen, fehlt ganz; schon die Tatsache, daß dieser Forscher, dessen Verdienste leider auch sonst nicht immer genügend gewürdigt werden, der besonders intime wissenschaftliche Freund eines Liebig war, sollte ihm in einer so umfassenden Darstellung wie der vorliegenden einen Platz sichern. Auf die Nernstsche Quantentheorie scheint nicht hingewiesen zu sein, wenigstens ist aus dem Register nichts darüber zu ersehen. — Besonders wertvoll sind die Darlegungen über die Energiearten. In dem die chemische Energie behandelnden Abschnitt wird mit Recht von neuem darauf hingewiesen, daß „die gesamte Lebenstätigkeit aller Organismen sich ausschließlich auf chemische Vorgänge und die bei denselben freiwerdende Energie gründet“; jedoch der Satz „Es zeigt

sich dann, daß zunächst alle in der Technik verwerteten Energiequellen chemischen Ursprungs sind, indem sie auf die Verbindung der Elemente der Brennmaterien mit dem Sauerstoff der Luft zurückgehen“, bedarf einer gewissen Einschränkung angesichts des Umfanges, in welchem jetzt schon die Wasserkräfte des Rhein- und Niagarafalles zur Aluminiumgewinnung, sowie die der großen skandinavischen Fälle zur Erzeugung von Salpetersäure und Kalkstickstoff herangezogen werden — wobei wir der

Ausnutzung der Luftkräfte, wie sie z. B. in den das rein krystallisierende Steinsalz unmittelbar vermahlenden Windmühlen (etwa bei Schönebeck a. d. Elbe) vorliegt, nur beiläufig gedenken wollen.

Auf die lichtvolle Darstellung auch dieser neuen Ausgabe seien weite Kreise, besonders auch alle an Schulen unterrichtenden Chemielehrer aufmerksam gemacht. Einer größeren Verbreitung dürfte leider der ungewöhnlich hohe Preis hindernd im Wege stehen. *O. Ohmann.*

Korrespondenz.

Zu dem Aufsatz von Dr. R. Stein „Sprachlogik bei chemischen Namen“, diese Ztschr. 30, 195/198, erhalten wir von Herrn Prof. R. Winderlich, Oldenburg i. Gr., unter dem Titel „Logik in chemischen Namen“ folgende Zuschrift:

Die Sprache der Wissenschaft ist eine Kunstsprache, von der streng richtende Männer verlangen, daß sie in allen Teilen logisch gebildet sei. Es ist zweifelhaft, ob dieses erstrebenswerte Ziel für eine Sprache überhaupt erreichbar ist, denn wir drücken mit unsern Worten nur den jeweiligen Stand unserer Kenntnisse aus, stets nur das Ewig-Gestrige, das von dem Heut überholt ist. Wollte man da mit unerbittlicher Schärfe vorgehen, so würde man um einer Äußerlichkeit willen den wirklichen Fortschritt hemmen. Der Sauerstoff ist weder sauer noch säurebildend; folgerichtig müßte sein Name fallen, und ihm würden die Tausende von Ausdrücken nachstürzen, die mit Oxygenium zusammengesetzt sind. Diese Höllenfahrt altgewohnter, gutbewährter Worte, diesen heillosen Wirrwarr kann niemand wünschen und wünscht auch niemand, weil eben das Wort nur Scheidemünze ist. „Was ist ein Name? Was uns Rose heißt, Wie es auch hieße, würde lieblich duften“. (Shakespeare, Romeo und Julia.) Nicht das Wort als solches ist uns wichtig, sondern sein Begriffsinhalt. Wenn wir gleich wissen, daß ein Atom nicht unteilbar ist, so dürfen wir das Wort doch weiter gebrauchen, wenn wir uns nur seines neuen Sinns bewußt sind. Niemand nimmt daran Anstoß, daß der Kandidat ein schwarzes Kleid anlegt statt der toga candida.

Dennoch sind schwere Bedenken erhoben worden: „Chlorblei bezeichnet sprachlich Blei, das zu Chlor in irgendeiner Beziehung steht. Könnte damit die Bleichlorid-Verbindung gemeint sein? Nein; denn Blei ist in dieser Wortzusammensetzung das Stammwort; es kann

seine Bedeutung nicht verlieren. Zuckerrohr ist ein Rohr; Rohrzucker ist ein Zucker. Chlorblei müßte also eine Art Blei sein.“ (A. a. O. S. 195.) Ohne Sorge vor dem Trommelfeuer philosophischer Einwände wird mancher Chemiker sagen: Chlorblei ist tatsächlich Blei, chemisch verbunden mit Chlor; wenn das körperliche Auge das Blei auch nicht sieht, so ist es doch für das geistige Auge vorhanden. Im übrigen ist es nicht zulässig, die sprachliche Regel von dem Werte des Stammworts zu betonen, denn diese Regel ist nicht allgemeingültig, während die Sprache der Wissenschaft überall verstanden werden soll; ihre ureigenen Gesetze müßten also überall gültig sein. Im Griechischen und Deutschen gilt die erwähnte Sprachregel, aber sie ist, wenigstens mundartlich, nicht ausnahmslos: was im Niederdeutschen Eierrühr ist, das nennt der Hochdeutsche Rührer, und beim Hirtenknaben kann man zweifelhaft sein, ob der Nachdruck auf Hirt oder auf Knabe zu legen ist, er kann ein Knabe sein, der Hirte ist, ebensogut wie ein Hirte, der noch Knabe ist. Es sind das Ausnahmen; zugegeben. Wie ist es im Französischen? Ist porte-monnaie etwa Geld oder porte-plume eine Feder? Wir sagen Sammelbehälter, Sammelrohr, der Franzose hingegen réservoir-collecteur, tuyau-collecteur. Was ist denn „richtig“: Nickeleisen, wie man im Deutschen sagt, oder das Ferro-nickel der Franzosen? Wer soll weichen? Ist es nicht vernünftiger, beide Namen als gleichberechtigt zuzulassen?

Wer so scharf richtet, daß er Chlorblei und Chlornatrium tilgen will, der dürfte eigentlich nicht „Metalloxydul, Metallsulfür“ usw. vorschlagen, denn der Unterschied in den Oxydationsstufen ist nicht vom Sauerstoff, Schwefel oder Chlor bedingt, sondern vom Metall. Das „Richtige“ wäre also allein Metalloxyd, Metalloxyd usw., aber auch hier wird man Milde walten lassen. Ausdrücke, die sich im Laue

der Zeit als unbrauchbar erweisen, verschwinden ganz von selbst, und die Sorge, es könne das Gedächtnis der Schüler zu sehr belastet werden, ist übertrieben, denn überall bis in die Tageszeitungen hinein findet die Jugend die „falschen“ Worte. Auch sie sind schließlich Natur- oder Kunst-Denkmäler, vor denen man Achtung haben muß, selbst dann, wenn man sich vernünftigerweise zur Richtschnur macht, im Unterricht und in Büchern nur die „richtigen“ Ausdrücke zu verwenden.

Zu dem gleichen Thema hat der Unterzeichnete zu bemerken:

Die Benennungen Bromnatrium, Jodkalium usw. sowie salpetersaures Silber, essigsäures Blei usw. sind völlig volkstümlich geworden; und mehr noch, diese deutschen Namen tragen durch ihre Kürze und Klarheit dazu bei, die ganze Chemie, die zwar in wichtigen Teilen aus dem Volke heraus entstanden ist, in anderen Teilen aber vom gewöhnlichen Volksverstehen nicht leicht zu erfassen ist, allmählich immer mehr volkstümlich zu machen. Würden wir im Unterricht, in Sprache und Schrift diese Namen ausmerzen und dafür die fachwissenschaftlich besseren, wie Jodide, Nitrate, Azetate usw. in erster Linie oder gar ausschließlich gebrauchen, so laufen wir geradezu Gefahr, die Chemie unvolkstümlich zu machen. Wir sehen den Wert der STEINschen Darlegung hauptsächlich darin, daß sie für viele eine Anregung sein wird, der chemischen Namengebung, die ja leider etwas reichlich vielfältig ist, auch im Unterricht ein gewisses Interesse zuzuwenden. Irgendwo muß man einmal ausführlicher darauf zu sprechen kommen. Etwa am Schluß des Kapitels Kochsalz. Ausgehend vom althergebrachten Chlornatrium — das man als eine Abkürzung des Begriffes Chlornatrium-Verbindung hinstellen wird — gehe man zum Natriumchlorid über, das bereits die Zugehörigkeit zu einer neuen Gruppe von Verbindungen kennzeichnet, und schließe — nicht zu vergessen — das salzsaure Natrium an und endlich auch den pharmazeutischen Namen Natrium chloratum, wobei man das Zeitwort chlorare, mit Chlor verbinden, an die Hand gibt. Auf diese Weise wird ein und dieselbe Verbindung von verschiedenen Seiten beleuchtet, und das scheinbar Widersinnige, daß Kalium chloratum und Kaliumchlorat zwei ganz verschiedene Verbindungen darstellen, wird wenigstens verständlich gemacht, so daß der (die Priorität besitzende) Apothekername seine Rechtfertigung erhält. — Der Zeitpunkt für die ganze Diskussion über Logik in

der chemischen Namengebung und für die vorgeschlagenen Änderungen ist nicht gerade glücklich gewählt. Eingebürgerte liebgewordene deutsche Benennungen sollen fallen zugunsten fremdsprachlicher Ausdrücke zu einer Zeit, wo ein frischer Wind alles Fremdländische aus der Sprache wegzuwehen im Begriff ist. Wir glauben nach allem, daß die Mehrzahl der Fachgenossen nicht willens ist, sich die erwähnten leichtverständlichen deutschen Benennungen nehmen zu lassen.

O. Ohmann.

Veranstaltungen der königlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu Berlin im Winterhalbjahr 1917/18.

Von physikalischen und chemischen Veranstaltungen sind folgende vorgesehen:

A. Für Lehrer und Lehrerinnen an den Schulen Groß-Berlins.

Galileis Entdeckungen auf den Gebieten der Mechanik und der Astronomie. Von Prof. Dr. Poske. Dienstags 6—7 Uhr. Beginn 23. Oktober.

Versuche zur methodischen Einführung in die Chemie. Von Prof. O. Ohmann. Dienstags 5—7 Uhr. Beginn 20. November.

Übungen in der wissenschaftlichen Lichtbildkunst. Von R. Schmehlik. Sonnabends 4—7 Uhr. Beginn 24. November.

Übungen in der mechanischen Werkstatt. Herr F. Hintze. Montags oder Freitags 5—7 Uhr. Beginn 23. und 26. November.

B. Für Lehrer und Lehrerinnen an den höheren Schulen Groß-Berlins.

Übungen in der Sternforschung. Von Dr. Kritzinger. Freitags 6—8 Uhr. Beginn 23. November.

Ausgewählte Abschnitte aus der Didaktik des physikalischen Unterrichts. Von Prof. Dr. Poske. Dienstags 6—7 Uhr. Beginn 8. Januar.

Die wichtigsten Schulversuche aus der Lehre vom Licht. Von Dr. W. Volkmann und Dr. C. Fischer. Mittwochs 5—7 Uhr. Beginn 28. November.

Physikalische Schülerversuche. Von Prof. Hahn und Dr. C. Fischer. Donnerstags 5—7 Uhr. Beginn 22. November.

Chemische und elektrochemische Schulversuche. Von Prof. Dr. Böttger und Prof. Schwarz. Donnerstags 4—6 Uhr. Beginn 22. November.

Schulversuche aus der organischen Chemie. Von Dr. Franz. Montags 5—7 Uhr. Beginn 26. November.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1917.

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

	Oktober						November					
	3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27
♀ {AR	11 ^h 32 ^m	11.54	12.22	12.53	13.24	13.55	14.26	14.57	15.29	16. 1	16.33	17. 6
{D	+ 4 ^o	+ 3	0	- 4	- 7	- 11	- 14	- 17	- 20	- 22	- 24	- 25
♀ {AR	15 ^h 9 ^m	15.33	15.57	16.22	16.46	17.11	17.36	18. 1	18.26	18.50	19.14	19.37
{D	- 19 ^o	- 21	- 22	- 24	- 25	- 26	- 26	- 26	- 26	- 26	- 25	- 25
☉ {AR	12 ^h 35 ^m	12.54	13.12	13.31	13.50	14. 9	14.28	14.48	15. 8	15.29	15.50	16.11
{D	- 3 ^o 50'	- 5.45	- 7.39	- 9.30	- 11.17	- 13. 1	- 14.39	- 16.11	- 17.37	- 18.55	- 20. 4	- 21. 5
♂ {AR	9 ^h 3 ^m	9.15	9.26	9.38	9.49	10. 0	10.11	10.21	10.31	10.41	10.51	11. 0
{D	+ 18 ^o	+ 17	+ 17	+ 16	+ 15	+ 14	+ 13	+ 12	+ 11	+ 10	+ 9	+ 9
♃ {AR		4.40		4.38		4.35		4.31		4.26		4.20
{D		+ 21		+ 21		+ 21		+ 21		+ 21		+ 21
♄ {AR	8 ^h 59 ^m						9. 7					
{D	+ 18 ^o						+ 17					
☉ Aufg.	6 ^h 5 ^m	6.14	6.23	6.32	6.41	6.50	6.59	7. 8	7.17	7.26	7.35	7.44
Unterg.	17 ^h 32 ^m	17.21	17. 9	16.58	16.48	16.37	16.28	16.19	16.10	16. 3	15.57	15.51
☾ Aufg.	18 ^h 18 ^m	22.59	3.33	9.27	13.41	15.24	18.30	—	4.47	10.26	12.51	14.44
Unterg.	9 ^h 44 ^m	14.18	15.47	17.28	22.39	4.19	10.52	13.23	14.40	17.56	—	6. 9
Sternzeit im mittl. Mittag	12 ^h 46 ^m 20 ^s	13. 6. 2	13.25.45	13.45.28	14. 5.11	14.24.53	14.44.36	15. 4.19	15.24. 2	15.43.44	16. 3.27	16.23.10
Zeitgl.	- 10 ^m 49 ^s	- 12.19	- 13.37	- 14.42	- 15.33	- 16. 6	- 16.21	- 16.16	- 15.50	- 15. 1	- 13.53	- 12.25

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Okt. 16, 4 ^h Nov. 14, 19 ^h	Okt. 23, 16 ^h Nov. 21, 23 ^h	Okt. 30, 7 ^h Nov. 28, 20 ^h

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	anfangs noch morgens mit abnehmender Dauer sichtbar, im letzten Monatsdrittel unsichtbar	als Abendstern $\frac{3}{4}$ bis $\frac{5}{4}$ Stde. lang sichtbar	$4\frac{1}{2}$ bis $5\frac{1}{2}$ Stunden lang vor Anbruch der Morgendämmerung sichtbar	schon fast die ganze Nacht hindurch sichtbar	$4\frac{1}{2}$ bis 7 Stunden lang vor Anbruch der Morgendämmerung sichtbar
im November	unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf $2\frac{1}{2}$ Stunden	die Sichtbarkeitsdauer steigt bis auf $6\frac{3}{4}$ Stunden	die ganze Nacht hindurch sichtbar; Opposition am 29.	die Sichtbarkeitsdauer steigt bis auf $9\frac{1}{2}$ Stunden

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Okt. 22, 22 ^h 30,5 ^m	Eintritt des I. Trabanten.	Nov. 9, 22 ^h 42,3 ^m	Eintritt des I. Trabanten.
" 19, 21 ^h 59,2 ^m	" " III. "	" 17, 19 ^h 10,8 ^m	" " II. "
" 19, 23 ^h 56,8 ^m	Austritt " III. "	" 18, 19 ^h 5,6 ^m	" " I. "
" 23, 22 ^h 9,5 ^m	Eintritt " II. "	" 24, 21 ^h 45,5 ^m	" " II. "
Nov. 2, 20 ^h 47,8 ^m	" " I. "	" 25, 21 ^h 0,4 ^m	" " I. "

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.