

Der physikalische Anfangsunterricht, gegründet auf Schülerversuche mit den einfachsten Mitteln aus der Wärmelehre<sup>1)</sup>.

Von

Professor P. Wangemann in Münster i. W. (Schillergymnasium).

Seit dem Jahre 1907, in welchem unsere Anstalt ein neues Gebäude bezog, hatte ich mit Schülern der Oberstufe physikalische Übungen veranstaltet, zwar außerhalb der Unterrichtsstunden, aber mit innerem Anschluß an diese. Die Einrichtung war so getroffen, daß bei Beginn 4 Schüler in zwei Gruppen (A mit B, C mit D) mit je einem Versuch anfangen, in der 2. Stunde der eine Schüler B der ersten Gruppe mit C der zweiten Gruppe den ersten Versuch wiederholte, der Schüler D der 2. Gruppe mit einem neu zutretenden 5. Schüler E den zweiten Versuch wiederholte und der Lehrer mit dem Schüler A einen neuen Versuch machte usw. Mehr als 5 Gruppen wurden nie beschäftigt. Seminarkandidaten halfen bei der Aufsicht und Leitung.

Der Andrang zu diesen freiwilligen Übungen war groß. Es mußte wöchentlich an 2 Tagen 1 Übungsstunde angesetzt werden, damit 20 Schüler sich beteiligen konnten. Diese Beteiligung ließ aber nach, als der Betrieb des Unterrichtes mit 6 Kurzstunden am Vormittag eingerichtet wurde, so daß die Schüler den Nachmittag frei hatten. Vormittags war keine Zeit für die Übungsstunden, und den freien Nachmittag schätzte die Mehrzahl höher als die physikalischen Übungen. Die Übungen wurden mit 6—8 besonders interessierten Teilnehmern fortgesetzt, aber gerade den andern waren sie viel nötiger. Darum trat ich dem Gedanken näher, gerade solche Schüler, die nicht zur Beobachtung von realen Vorgängen hinneigen, zu gewinnen und sie zu nötigen, daß sie diese Seite der Ausbildung nicht vernachlässigten.

Diese Übung mußte also im Klassenunterrichte erfolgen, und zwar schien es wichtig, sie im Anfangsunterrichte, gleich in der ersten Physikstunde, zu beginnen. Auch sollte kein besonderer Übungsraum beansprucht werden.

Sollte ich nun mit dem Hebel beginnen? Das wäre gegangen. Schnellwage, Rollen, Flaschenzug wäre eine gute Fortsetzung gewesen. Aber was dann? Nun mußte der Lehrer experimentieren. Das mußte noch sehr oft in der Mechanik geschehen. Also ließ ich den Anfang mit Mechanik fallen und versuchte es mit der Wärmelehre, die ja auch für die O III als Lehrpensum vorgeschrieben ist. Da ergaben sich sofort eine Menge Versuche, die für erste Beobachtungen und erste Messungen geeignet waren. Sie mußten nur in ein System gebracht werden, und das System mußte möglichst vollständig vom Schüler erarbeitet werden.

Ferner war bei der Auswahl der Versuche für mich wichtig der Kostenpunkt, und zwar aus mehreren Gründen. Es war mir zunächst nicht ganz sicher, ob ich den Obertertianer dauernd durch die Versuche so fesseln könne, daß er absichtliche Störungen vermeiden würde. Darum wollte ich keine Kosten in meine Apparatur

<sup>1)</sup> Die Niederschrift dieser Zeilen geschieht auf Anregung des Herausgebers dieser Zeitschrift, der auf einer im amtlichen Auftrage unternommenen Reise einer nach meinem Plane erteilten Unterrichtsstunde beiwohnte.

stecken, die ich im ungünstigen Falle wieder hätte beiseite stellen müssen. Weil die Höchstzahl der Schüler in Obertertia auf 40 festgesetzt ist und je 2 zusammenarbeiten sollten, mußte jeder Apparat zwanzigfach vorhanden sein. Wenn aber jedesmal 20 Apparate bezahlt werden sollten, mußten sie sehr billig sein. Einfach mußten sie auch sein, damit sie eine Beschädigung von ungeübter Schülerhand vertragen konnten. Einfach und billig müssen sie auch sein, damit der Schüler sieht, daß Physik auch ohne schöne und kostbare Apparate getrieben werden kann, und damit er selbst in sich die Kraft fühlt, sie nachzubauen oder sich eine Vorrichtung zu improvisieren, die noch besser den Zweck erfüllt. Ich habe darin köstliche Erfahrungen gemacht. Weil ich mit der Wärmelehre anfangen wollte, war gleich die Frage der Wärmequelle eine brennende. Die Wahl fiel auf ein blechernes Spirituslämpchen mit Docht für 20 Pf. Ferner war klar, daß es ohne Wägungen nicht ging, daß aber die von den Mechanikern angebotenen Wagen in der Zahl von 20 Stück zu teuer zu stehen kamen, zudem einen teuren Gewichtssatz verlangten, dessen Bestandteile in der Hand von 40 Schülern bald recht unvollständig werden würden. Es wurde deshalb eine Hebelzeigerwaage (Briefwaage) gewählt (Fig. 8). Längenmaß und Thermometer machten keine großen Kosten. Für Volummessungen konnten die Schüler recht gut eine Mensur durch abgewogene Mengen Wasser selbst herstellen. Es fehlte nun bloß noch ein sogenannter Retortenhalter, ein Gestell mit mehrfacher Verschiebung, um etwa ein heißes Kochfläschchen über der Flamme festzuhalten. Der Ladenpreis eines solchen ist 2—3 M. Mit drei Untersekundanern, die an einem Handfertigkeitsunterrichte teilgenommen hatten, baute ich selbst in drei Nachmittagen die 20 Gestelle, wie 2 solche in Fig. 1 zu sehen sind. Kistenbretter wurden zersägt und lieferten unter  $60^{\circ}$  oder  $90^{\circ}$  übereinander gelegt den Fuß. Bevor sie zusammengenagelt wurden, mußte der aufrechte Draht dazwischen. Aus verzinktem Eisendraht von 5 mm Stärke wurden 20 Stücke von 50 cm Länge geschnitten, gut gerichtet, am einen Ende ein ungefähr gleichseitiges Dreieck von 3—4 cm Seitenlänge zusammengebogen und seine Ebene senkrecht zur übrigen Eisenstange gestellt. Dasjenige Fußbrett, welches das obere werden sollte, erhielt an dem einen Ende ein Klötzchen als Fuß angenagelt, am anderen eine Durchbohrung, durch welche der 5 mm starke Eisendraht gerade glatt hindurchging. Das gleichseitige Dreieck am Eisendraht wurde nun in Rotglut versetzt, das kalte Ende durch die Bohrung des Brettes gesteckt und der heiße Draht zwischen die 2 Fußbretter eingebrannt, dann die Bretter zusammengenagelt. Von demselben Eisendraht wurden noch 20 Stücke zu 30 cm Länge geschnitten, auf dem Ambos gerichtet, an einem Ende 4 cm in Rotglut versetzt und auf 1 cm Breite ausgeschmiedet. An das breit geschmiedete Ende wurde später eine federnde Holzklammer, wie sie beim Kopieren von Photographien mitunter benutzt wird, hierorts auch zum Anklammern von Wäsche dient, mit dünnem Draht oder auch Bindfaden befestigt. Als Gelenk diente ein guter großer Kork (Sektpropfen), der 2 sich in 10 mm Entfernung kreuzende Durchbohrungen in Stärke des Eisendrahtes erhielt. Für je einen Draht und Klammer betragen die Kosten 10 Pf. Die Gestelle fanden in den Augen der Schüler viel Beifall und auch Nachahmung.

Meine ganze Versuchseinrichtung für die Wärmelehre kostet also für je 2 Schüler rund 4,50 M., nämlich: Briefwaage (bis 50 g) 1,80 M., Thermometer mit Glasöse, Papier-skala von  $-20$  bis  $+110^{\circ}$  1 M., Thermometer auf Mattglas ohne Skala 0,50 M., zylindrisches Glasgefäß 12:3,5 cm 0,40 M., Kochflasche 0,30 M., Becherglas 0,25 M., Spirituslampe 0,20 M., Gestell mit Klammer 0,10 M. Denjenigen Herren Fachgenossen, welche die eigne Herstellung des Gestelles nicht vornehmen wollen, möchte ich empfehlen, einige Wochen vor Beginn des Physikunterrichtes mit den Obertertianern den Zweck und die Einrichtung eines solchen zu besprechen. In diesem Alter machen sich die Schüler gern daran, eins zu bauen. Ist erst ein Modell da, so finden sich leicht Nachahmer und Verbesserer. Der Lehrer hat seine Klasse gleich sortiert auf



praktischen Blick und praktische Hand und kann danach den Schülern ihre Plätze anweisen. Der ungeschickte bekommt als Nachbar einen geschickten, der ihn mit anleitet und überwacht. Letzterer Punkt durfte nicht gering geachtet oder übersehen werden, denn es liegt die Gefahr nahe, daß der ungeschickte oder hastige Schüler beim Umgang mit Spirituslampe und kochendem Wasser sich oder seine Nachbarn verbrennt oder verbrüht. Besonders groß ist die Gefahr für die Vordermänner, wenn die Bänke treppenartig aufsteigen, wie es in meinem Klassenzimmer der Fall ist. Es ist aber in den drei Winterhalbjahren, in denen bisher die Übungen stattfanden, bei 33 bzw. 29 und 26 Schülern nichts dergleichen vorgekommen.

Ich will nicht unterlassen zu bemerken, daß im Winterhalbjahre 1913/14, in welchem ich den ersten Versuch machte, zwei Seminarkandidaten an der Beaufsichtigung teilnahmen, teilweise auch die Anweisungen gaben. Die Bänke stehen in drei Reihen hintereinander. Jeder Lehrer hatte also eine Reihe Schüler zu beaufsichtigen, ihnen zu helfen, sie auf Ungeschicklichkeiten aufmerksam zu machen. Im Winterhalbjahr 1914/15 habe ich es ohne Mühe allein machen können, weil jedes Gerät und jeder Handgriff mir bekannt waren. Im Winter 1915/16 machte ich es zum dritten Male und hatte immer weniger Sorge und immer mehr Freude an der regen Teilnahme der neuen Generation.

Stellte sich heraus, daß bei messenden Aufgaben, z. B. in der 5. bis 9. und 13. Stunde (s. weiter unten) grobe Irrtümer vorliegen mußten, so wurde dem Schülerpaar die Aufgabe gestellt, zu ermitteln, wie wohl sein von der Mehrzahl abweichendes Resultat zu erklären sei; der Platz wurde, wenn zugänglich, nicht abgeräumt, und es wurde mit ihm eine Zeit verabredet, in welcher der Versuch wiederholt werden sollte. Es geschah das meist sehr bereitwillig.

Als die Kosten der Apparate keine Sorge mehr machten, handelte es sich um die Gruppierung der Versuche aus der Wärmelehre. Sollte ich den Schüler gleich in der ersten Stunde vor ein Problem stellen? Oder sollte ich von bekannten Vorgängen ausgehen und sie vertiefen? Da es sich um Ausdehnung und Aggregatsänderung handelte, schien es mir das Richtigeste, das Wasser in den Mittelpunkt zu stellen, das Schmelzen von Eis und das Sieden von Wasser genau beobachten zu lassen. Darum mußte sich alles übrige gruppieren. Zur Beobachtung gehörte ein Thermometer und ein Meßgerät für Wassermengen. Eine Mensur in cem mußten die Schüler mit Hilfe der Wage selbst herstellen. Das führte nebenbei auf die Volumenmessung fester Körper und auf den Begriff des spezifischen Gewichtes. Andererseits führte das Thermometer auf die Ausdehnung anderer Körper. Die Frage seiner Herstellung gründete sich auf die Ausdehnung der Luft. Damit konnte ich anfangen. Wie sich die Verteilung auf die einzelnen Unterrichtsstunden gestaltete, ließ sich natürlich vorher nicht absehen. Nach dem erstmaligen Ausprobieren ergab sich schon ein System, das beim zweiten Durcharbeiten zwar einige Verbesserungen erfuhr, aber im ganzen bestehen bleiben konnte. So habe ich in diesem Winter beim dritten Male den folgenden Plan unverändert einhalten können.

In der 1. Physikstunde findet der Schüler auf seinem Platze Kochflasche mit Knierohr in ein Gestell eingeklemmt, einen Blumenuntersetzer, eine Medizinflasche voll Wasser, eine Spirituslampe, eine Konservenbüchse mit Wasservorrat, s. Fig. 1. Alle rechts Sitzenden erhalten den Auftrag, aus der Konservenbüchse den Blumenuntersetzer mit Wasser zu füllen, aber nicht bis zum Überlaufen. Die rechts Sitzenden sollen ferner die Medizinflasche ganz füllen, sie mit dem rechten Daumen verschließen, umstülpen und so unter Wasser bringen, daß keine Luftblase in der Flasche ist. Wem es nicht gelungen ist, der füllt Wasser nach. Die Flasche wird mit derselben Vorsicht herausgenommen. Jetzt üben die links sitzenden Schüler denselben Handgriff. Die rechts Sitzenden halten dann dauernd die Flasche fest, die links sitzenden schieben das Gestell mit der Kochflasche heran, bis die Mündung der Glasröhre unter

der Öffnung der Flasche steht. Hat sich der Lehrer überzeugt, daß alles in Ordnung ist, so geht ein Schüler mit brennender Kerze die Bänkereihen entlang und entzündet mit einem Hölzchen die Spirituslampen, die übrigens zum Schutze des Bankanstriches gegen Spiritus und Hitze auf einem Pappdeckel stehen. Die links sitzenden Schüler erhalten Anweisung, wie die Lampe unter der Flasche mit Vorsicht hin und her zu führen ist. Nun kommt der Moment des Erstaunens (Poske, Didaktik, S. 51); es steigen Luftblasen im Wasser auf. Wenn nach einigen Minuten vorsichtigen Erhitzens genügend viel Luft im Medizinfläschchen gesammelt ist, wird auf Kommando der Halter mit Kochfläschchen gehoben, bis das Ende des Knierohres aus dem Sperrwasser heraus ist und dann erst die Lampe entfernt und verlöscht. Natürlich mißlingt das dem einen oder anderen, und das Verwundern ist noch größer, wenn plötzlich die Flasche springt. Ich habe deshalb daran gedacht, diesen Knalleffekt bei allen herbeizuführen. Später schien es mir aber bedenklich, gleich in der ersten Physikstunde die Heiligkeit der Apparate so außer acht zu lassen. Sehen soll der Schüler jedenfalls, was die Folge der vorzeitigen Abkühlung ist. Das kann der Lehrer ausführen und eine Flasche opfern, wenn es ihm nicht ein unvorsichtiger Schüler schon abgenommen hat.

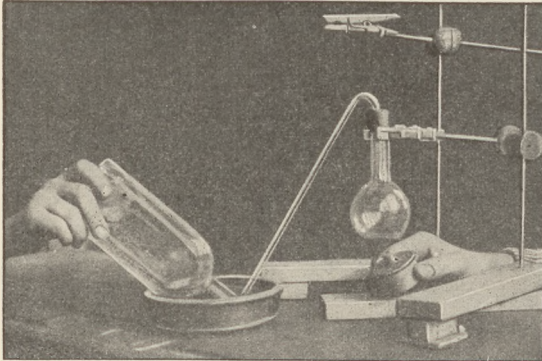


Fig. 1.

Die Beobachtung wird nun besprochen, in kurzen Sätzen festgelegt, 1. was gegeben war, 2. was vorgenommen wurde und 3. was die Folge war. Diese Sätze werden mehrfach wiederholt, damit sie für die nächste Stunde zu Hause aufgeschrieben werden können. Geschieht die Einübung nicht, so erhält man teils zu kurze, teils zu breite Darstellungen, auch wohl ganz schiefe. Es wird auch empfohlen, zu Hause eine Skizze zu zeichnen, nur wenige können es nicht. Ist noch Zeit vorhanden, so wechseln die 2 Schüler jeder Bank ihre Plätze und wiederholen den Versuch mit vertauschten Rollen. Die aufgefangene Luft in ccm zu messen habe ich unterlassen, teils um nicht gleich zu viel zu bieten, teils wegen der unvermeidlichen Ungleichheit der Ergebnisse.

In der 2. Stunde wird die häusliche Ausarbeitung von einigen Schülern vorgelesen, besprochen und verbessert. Der Lehrer besieht die Skizzen. Nunmehr stellt der Lehrer die Frage, ob von anderen Stoffen eine ebensolche Ausdehnung bekannt ist und macht selbst die bekannten Versuche: Kugel und Ring, Lineal aus Kupfer- und Zinkstreifen, Eisenstab auf festem Fundament, große wassergefüllte Flasche, Thermometer mit Quecksilber, Wasser, Alkohol, Öl. (Den Versuch mit Kugel und Ring beabsichtige ich auch zu einem Schülerversuche zu machen. Sobald die Kriegslage die Verwendung von Messing gestattet, will ich aus einem starken Blech ein Stück von Markstückgröße ausstanzen lassen. Werden beide Ränder sorgfältig abgefeilt, so dürfte im kalten Zustande die Scheibe durch die Öffnung gehen, die heiße Scheibe aber nicht mehr.) Die 2. Stunde endet damit, daß der Lehrer die Erfahrung der 1. Stunde benutzt, um ein Thermometerrohr mit Quecksilber zu füllen, nachdem er durch geeignete Fragestellung den Weg von den Schülern vorgeschlagen erhalten hat.

Die 3. Stunde bringt die wirkliche Eichung von Quecksilberthermometern in Eiswasser und in kochendem Wasser durch die Schüler. Dazu hat die Firma Höllein und Reinhardt in Neuhaus a. Rennweg 30 Stück Thermometer ohne Skala zu je 50 Pf. geliefert. Das 17 cm lange Rohr mit Kugel von 1 cm Durchmesser ist be-



festigt auf einer  $21\frac{1}{2}$  cm langen, 2 cm breiten Milchglasplatte, deren Vorderseite rauh geschliffen ist. Zur Bestimmung des Schmelzpunktes werden die Blumenuntersetzer halb mit Wasser gefüllt, die Thermometerkugel hineingesteckt und reichlich Eisstückchen dazugegeben. Währenddes wird ein Wasserkessel von 2 l Inhalt auf Gas angeheizt, Bechergläser verteilt, kleine Drahtdreifüße und Drahtgazenetze, Spirituslämpchen dazu. Nachdem von allen Schülern der Schmelzpunkt angemerkt ist, wird heißes Wasser in die Bechergläser gegeben, die Thermometer an dem oben ausführlich beschriebenen Halter hineingehängt und die Lämpchen angezündet. Sobald das Wasser stürmisch im Kochen ist und das Thermometer nicht mehr steigt, wird der Standpunkt mit Bleistift angemerkt.

Die Thermometer sind ebenso wie die Kochfläschchen und die Halter durch aufgezeichnete Buchstaben unterschieden, so daß jeder Schüler immer wieder denselben Apparat hat und dafür verantwortlich ist. Die Thermometer nehmen die Schüler mit nach Hause und erhalten die Aufgabe, den Abstand vom Schmelzpunkt und Siedepunkt in cm zu messen, dann in 10 gleiche Teile zu teilen und diese Teile auch über die Grenzen hinaus abzutragen. In der Klasse werden die Zentesimalziffern dazugeschrieben auf der einen Seite, auf der anderen einige Reaumurzahlen. Zu den folgenden Messungen werden die Thermometer nicht benutzt, weil auf ihre Genauigkeit nicht gebaut werden soll. Die Versuche sollen bloß handgreiflich zeigen, wie ein Thermometer entsteht. Zu den Messungen dient ein Thermometer in Röhrenform, wie ich es bei Aufzählung der Apparate oben genauer beschrieben habe.

Nun ist weiter erforderlich ein Meßgerät für cm, eine sogenannte Mensur. Die Teilung wird um so genauer, je schmaler und höher das Gefäß. Es soll aber auch dazu dienen, das Archimedische Prinzip nachzuweisen. Deshalb wählte ich 12 cm Höhe und 3,5 cm Durchmesser. Von außen wurde ein Papierstreifen angeklebt (s. Fig. 2). Auf der Briefwaage wägen in der 4. Stunde die Schüler das Kochfläschchen, gießen 10 g Wasser zu, schütten es in die Mensur und bezeichnen die Höhe mit Strich und Ziffer 10, und so fort bis 100. Die Ziffern 50 und 100 werden am Nachmittag von mir kontrolliert und mit Schreibdiamanten auf das Glas gesetzt. Schlecht geeichte Gläser werden von den Schülern außerhalb der Unterrichtsstunde verbessert.

In der 5. Stunde wird von Kalkstein, Sandstein, Schwerspat, Schwefel, Metallen, Erzen das Gewicht und mit der Mensur das Volumen gemessen und das spezifische Gewicht der Stoffe als Verhältniszahl bestimmt. Weil die Waage nur bis 50 g zeigt, werden z. B. von Blei mehrere Stücke gewogen, damit man eine Erhöhung des Wasserspiegels erhielt, die an unserer einfachen Eichung eine brauchbare Zahl gibt.

Nachdem Waage, Mensur und Thermometer zum Gebrauch fertiggestellt sind, wird in der 6. Stunde von den Schülern ein Stück Eis gewogen, von einer in der Mensur befindlichen Menge heißen Wassers das Volumen und die Temperatur festgestellt und das Eis vorsichtig hineingebracht. Sofortige Ablesung des Wasserstandes gibt das Volumen und ein Urteil über das spezifische Gewicht des Eises (manches Stück war lufthaltig). Sobald alles Eis geschmolzen ist, wird Volumen und Temperatur des Wassers gemessen und daraus berechnet, wieviel Wärme zum Schmelzen verbraucht ist. Die richtige Zahl wird genannt und hingewiesen auf die bei der rohen Anstellung des Versuches unvermeidlichen Wärmeverluste.

7. Stunde. Der Schüler erhält Spirituslampe, Dreifuß, Drahtnetz, Becherglas und angewärmtes Wasser, Thermometer und dünne Glasröhren (3 mm Durchmesser), in welchen sich Stearin oder Naphthalin, auch Wachs befindet. Diese Stoffe werden beim Schmelzen durchsichtig. Es wird 3 mal bei steigender und bei sinkender Temperatur der Schmelzpunkt abgelesen und der Mittelwert aus den 6 Beobachtungen errechnet. Ist noch Zeit vorhanden, so werden die Röhren vertauscht. Die Schmelzpunkte der Metalle werden nur besprochen und besonders schwer schmelzbare Stoffe gesucht.

Die folgende 8. Stunde ist der Beobachtung des Siedens gewidmet, indem kaltes lufthaltiges Leitungswasser im Bechergläse über der Spirituslampe allmählich bis zum Sieden erwärmt wird. Nach genauer Beobachtung des Siedepunktes wurde Kochsalz zugefügt und der neue Siedepunkt bestimmt.

In der 9. Stunde soll beobachtet werden, welche große Menge Wärme zum Verdampfen einer Wassermenge gebraucht wird. Dazu dient die beim allerersten Versuche benutzte Einrichtung (Fig. 2). Die aus dem Kochfläschchen austretende nach unten gebogene Glasröhre erhält ein leeres Reagensglas vorgelegt zum Sammeln des Kondensationswassers, und dieses wieder taucht in einen Standzylinder mit kaltem Leitungswasser.

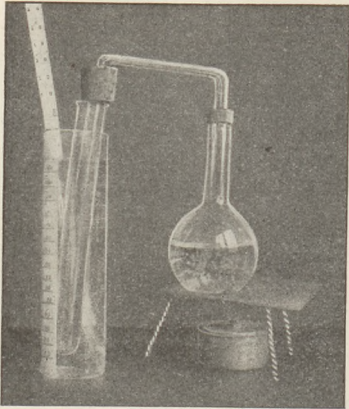


Fig. 2.

Gemessen wird vor dem Versuche die Wassermenge im Kochfläschchen in ccm, die Menge und Temperatur des Kühlwassers. Nach dem Versuche werden (nach Umschütteln) dieselben Größen und außerdem die Menge des destillierten Wassers gemessen, seine Temperatur der des Kühlwassers gleich genommen. Ob man hier das Wort Calorie brauchen will, bleibt dem Lehrer überlassen. Jedenfalls erhält man als Resultat:  $a$  ccm Wasser transportieren beim Verdampfen eine solche Wärmemenge, daß damit  $b$  ccm um  $t^{\circ}$  erwärmt werden können. Auf die unterwegs stattfindenden Wärmeverluste ist hinzuweisen. Daran schließt sich eine Erörterung der Dampfheizung und der Destillation, letztere vorgeführt vom Lehrer durch einen Apparat mit Schlangenrohr ohne Wechsel des Kühlwassers.

In der 10. Stunde experimentiert der Lehrer. Es wird das Verhalten eines Wasserthermometers und eines daneben befestigten Quecksilberthermometers verglichen, indem Leitungswasser in einem Zylinder mit Eis gekühlt wird und bei  $8^{\circ}$ ,  $4^{\circ}$  und  $0^{\circ}$  der Zylinder vom Lehrer herumgezeigt wird. Dazwischen wird gezeigt, daß auch sonst die Ausdehnung des Wassers ungleichmäßig ist, indem 4 Thermometer von derselben Dimension, gefüllt mit Quecksilber, Wasser, Alkohol, Petroleum nebeneinander befestigt und in dasselbe Wasserbad gebracht, mit Skala versehen werden. Die Sprünge des Wassers von  $10^{\circ}$  zu  $10^{\circ}$  werden immer größer.

Aus der Klasse kommt nun von selbst die Frage, warum wir beim Quecksilberthermometer den Abstand von Schmelzpunkt und Siedepunkt in 10 gleiche Teile geteilt haben. Das führt auf die Frage, wie kann ich Wasser von  $40^{\circ}$  herstellen, ohne ein Thermometer zu benutzen oder schärfer: wieviel Liter Eisschmelzwasser muß ich zu 2 Litern kochenden, Wassers zugießen, um Wasser von  $40^{\circ}$  zu erhalten? Antwort:  $x$  Liter. Diese nehmen  $x \cdot 40$  Calorien auf, 2 Liter geben  $2 \cdot 60$  Calorien ab. Es muß also  $x \cdot 40 = 2 \cdot 60$  sein. Hier taucht auch die Frage auf, innerhalb welcher Grenzen das Quecksilberthermometer brauchbar ist, wie man tiefere und höhere Temperaturen mißt, ob nicht die in der 1. Stunde gemachte Versuchsanordnung ein Luftthermometer liefern könnte. Diese Erörterungen werden 2 mal unterbrochen durch das 2. und 3. Herumzeigen des Wasserthermometers.

In der 11. Stunde bringt der Lehrer in einem kleinen Blechtopf mit gut schließendem Deckel Wasser zum Kochen und erfragt, was beobachtet wird und wie es zu erklären. In einem kugelförmigen Messinggefäß mit zylindrischem Rohr und darin laufendem Kolben (Papinsches Gefäß) wird gleichfalls Wasser gekocht. Sobald der Dampf den Kolben herausgetrieben hat, wird die Kugel mit Wasser übergossen. Der Kolben geht zurück. Erörterung der Gründe. Darauf wird ein einfaches Modell einer Dampfmaschine in Betrieb gesetzt.

Die 12. Stunde dient der Besprechung verschiedener Formen und Zwecke der



Dampfmaschine, auch der Explosionsmaschinen, da Flugzeuge und Automobile das Interesse des Schülers in hohem Grade in Anspruch nehmen.

13. Stunde. Nachdem zuletzt von der Volumänderung beim Verdampfen die Rede gewesen war, sollte die beim Gefrieren beobachtet werden. Dazu war eine Kältemischung erforderlich, und zu deren Erklärung mußte weiter ausgeholt werden. Ich habe so ein den Schüler sehr interessierendes Gebiet angeschlossen.

Der Schüler findet auf seinem Platze ein Kochfläschchen, eine Medizinflasche voll Wasser, die Briefwage, eine Schachtel mit Salmiak, ein Thermometer. Er soll das leere Kochfläschchen abwägen, 20 g Wasser hineingießen, die Temperatur feststellen, 2 g Salmiak auf Papier abwägen, hineinschütten, mit dem Daumen zuhalten, durch Schütteln schnell lösen und wieder die Temperatur ablesen. Er ist erstaunt über die erhebliche Abkühlung um  $8^{\circ}$ . Der Versuch dauert nicht lange. Man kann noch vorüberige kalt gesättigte Lösungen von Alaun und von Kupfervitriol in Reagenzgläsern verteilen, heiß gesättigte herstellen lassen unter Wägung der noch aufgenommenen Mengen, Zwirnfäden hineinhängen und in Reagensglasstativen für die nächste Stunde aufbewahren.

Für die folgende Stunde erhält der Schüler als häusliche Aufgabe, in einer Untertasse Wasser mit einigen Messerspitzen Speisesalz zu versetzen und zu lösen, auf einem Schranke einige Tage ruhig stehen zu lassen und das wiedergewonnene Salz mitzubringen. Mit großem Eifer werden die Resultate verglichen.

14. Stunde. Die Schüler vergleichen ihre Krystalle von Kochsalz, Alaun und Kupfervitriol und erhalten dazu Quarzkrystalle und Kalkspatkrystalle aus der Schulsammlung. (Die an beiden Enden gut ausgebildeten Quarze von Brilon sind sehr billig zu haben.) Die beiden letzten Körper sind hinzugenommen, weil auf Wanderungen im Sauerland oder Teutoburger Walde der Schüler Gelegenheit hat, gerade diese Stoffe in Krystallen zu finden. Der Lehrer hat Gelegenheit, von Molekülen zu sprechen.

15. Stunde. Der Lehrer stellt eine Kältemischung aus Eis und Kochsalz her, führt eine Sprengung durch Gefrieren von Wasser aus und zeigt die Wiedergewinnung von Wärme beim plötzlichen Gefrieren unterkühlten Wassers in dem bekannten sogenannten Gefrierthermometer und am unterschwefligsauren Natron.

16. Stunde. Rückblick. Wir erkannten als Wirkung zugeführter Wärme die Ausdehnung von Luft, von Metallen, von Wasser. Als zweie Wirkung der Wärme fanden wir die Aggregatsänderung, und zwar betrachteten wir vor allem am Wasser Schmelzpunkt und Siedepunkt, Schmelzwärme und Siedewärme, die Ausdehnung beim Gefrieren und beim Sieden.

Ob bei anderen Körpern die Verhältnisse dieselben sind oder andere und welche, konnte nicht für alle diese Fälle untersucht werden. Nur ein anderer Schmelzpunkt und andere Ausdehnungsverhältnisse beim Schmelzen wurden bei Stearin, Wachs und anderen beobachtet. Wir dürfen schon danach annehmen, daß die Verhältnisse sachlich dieselben, aber dem Grade nach verschieden sind. Den Schüler interessiert nun noch die Frage, ob alle Körper schmelzbar, welche nicht, welche besonders schwer, ähnlich, ob alle Flüssigkeiten zum Sieden gebracht werden können. Überraschend kommt ihm aber die Frage, ob Körper aus dem festen Zustand wohl in den gasförmigen übergehen, ohne flüssig zu werden (der Ausdruck Dampf ist zu vermeiden). Zur Untersuchung erhält er ein kleines Tellerchen

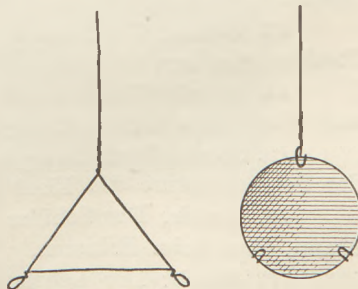


Fig. 3.

(Fig. 3), wie es zum Verschluß mancher Seltersflaschen benutzt wird, ein Stück Blumendraht, das er so zu biegen hat, daß das Tellerchen mit 3 Enden umfaßt

wird und noch ein Stiel bleibt, die Spirituslampe und ein erbsengroßes Stück kohlen-saures Ammon. Er beobachtet den Geruch, die Abnahme der Größe, mitunter auch das Leidenfrostsche Phänomen, aber kein Schmelzen. Er wird noch auf das Trocknen gefrorener Wäsche hingewiesen und die staubigen Wege nach längerer Frostzeit. Anschließend kann man das Versieden einer Kochsalzlösung auf dem Tellerchen, und im Reagenzglase das Verknistern von festem Kochsalz, das Schmelzen von Alaun im Krystallwasser und das Brennen von Gipsspat.

In der 17. Stunde stellt der Lehrer durch Befragen die Wärmequellen fest, für die Erde als Ganzes, für Fabrikbetrieb, Haushalt, besondere Zwecke, zeigt, daß letzte Quelle nur die Sonnenwärme ist. Das pneumatische Feuerzeug führt auf den 1. Versuch zurück, dessen Umkehrung es ist. Die Reibung wird als störend und als notwendig erkannt.

Die 18. Stunde behandelt die Verbreitung der Wärme. Der Schüler hält gleich-starken Eisen- und Kupferdraht in die Spiritusflamme. Wie er sich wohl schützen kann, sagt der Kork, der vor ihm liegt. Ferner kocht der Schüler Wasser im oberen Teile eines Reagenzglases, auf dessen Grunde Eis von einem Steinchen festgehalten wird. Wärmeströmung und Wärmestrahlung werden vom Lehrer behandelt, soweit es die Zeit zuläßt und es nicht der Oberstufe überlassen werden soll.

Es hat sich also folgende Stoffverteilung ergeben:

1. *Stunde:* Der Schüler entdeckt die Ausdehnung der Luft in einem abgeschlossenen Kochfläschchen beim Erhitzen.
  2. *Stunde:* Der Lehrer zeigt, daß feste und flüssige Körper dieselbe Eigenschaft haben. Er füllt ein Thermometerrohr mit Quecksilber.
  3. *Stunde:* Der Schüler eicht ein Thermometer.
  4. *Stunde:* Der Schüler stellt eine Mensur für cem her, indem er wiederholt auf der Wage 10 g Wasser abwägt und zugießt.
  5. *Stunde:* Der Schüler mißt von verschiedenen Körpern Gewicht und Volumen und errechnet das spezifische Gewicht.
  6. *Stunde:* Der Schüler wiegt ein Stück Eis und ermittelt die Schmelzwärme.
  7. *Stunde:* Der Schüler beobachtet andere Schmelzpunkte.
  8. *Stunde:* Der Schüler beobachtet die Erscheinung des Siedens, stellt den Siedepunkt einer Salzlösung fest.
  9. *Stunde:* Der Schüler mißt die Verdampfungswärme des Wassers.
  10. *Stunde:* Der Lehrer zeigt die ungleichmäßige Ausdehnung des Wassers und zeichnet sie als Funktion der Temperaturstufe an die Wandtafel.
  11. *Stunde:* Der Lehrer führt die Volumveränderung des Wassers beim Sieden vor, setzt eine Dampfmaschine in Betrieb und bespricht ihre Teile.
  12. *Stunde:* Der Lehrer erfragt andere Formen der Dampfmaschine und der Explosionsmaschinen.
  13. *Stunde:* Der Schüler mißt die Lösungswärme von Salmiak, stellt heißgesättigte Salzlösungen her.
  14. *Stunde:* Der Schüler vergleicht seine Krystalle von Kochsalz, Kupfervitriol und Alaun mit denen von Quarz und Kalkspat.
  15. *Stunde:* Vorführung einer Kältemischung durch den Lehrer. Wiedergewinnung der Schmelzwärme des Eises (6. Stunde).
  16. *Stunde:* Der Schüler beobachtet das Verhalten von Hirschhornsalz, Kochsalz, Alaun, Gips beim Erhitzen.
  17. *Stunde:* Der Lehrer erfragt die Quellen der Wärme.
  18. *Stunde:* Der Schüler beobachtet die Wärmeleitung der Metalle und des Wassers.
- Der Fachgenosse wird aus dieser Zusammenstellung ersehen, daß die Selbsttätigkeit des Schülers bei solcher Behandlung der Wärmelehre in hohem Maße in Anspruch genommen wird, und zwar nach den verschiedensten Seiten, und auch daß zur Beob-



achtung physikalischer Vorgänge reichlich Gelegenheit ist. Es wird sich kaum ein anderes Gebiet der Physik finden lassen, das so viele Versuche mit geringen Mitteln zuläßt. Darum wird es gerade zur Einführung sich besonders eignen. In 11 Stunden experimentiert der Schüler, in 4 Stunden nur der Lehrer, in 3 Stunden finden Erörterungen statt. Dazwischen lassen sich noch Stunden einschalten für Wiederholungen und kleine Ausarbeitungen.

Meine Bemühungen, für andere Gebiete eine ähnlich vollständige Zusammenstellung zu finden, sind weniger von befriedigendem Erfolge gewesen. Besonders lag ja für den anderen Teil des Pensums der Obertertia, die Mechanik, der Wunsch nahe, sie ganz auf Schülerversuche mit der ganzen Klasse aufzubauen. Ich habe wohl eine Anzahl einfacher und kostenloser Versuche zusammengebracht, aber kein System. Einige habe ich bei nachträglichem Suchen in anderen Übungsbüchern (als die Frage der Veröffentlichung an mich herantrat) ähnlich gefunden und ziehe sie hier zurück. Was ich aber für einigermaßen neu und praktisch halte, will ich auf den Wunsch des Herrn Herausgebers hier noch mitteilen.

Fig. 4 zeigt unten eine billige Anordnung zur Ableitung des Hebelgesetzes, wie sie dem Schüler zunächst einfällt, wie sie aber nicht zum Ziele führt, weil der Schwerpunkt über dem Unterstützungspunkte liegt, was zu einer wertvollen Erfahrung führt. Die Anordnung muß vervollkommenet werden durch 2 Haken, wie in der Fig. 4 oben gezeigt ist. Als Gewichtseinheiten dienen Eisenplatten von ca. 25 g Gewicht, die durch zweimaliges Stanzen entstanden sind; der sonst übliche Einschnitt war zu teuer. Sie sind abgeschweuert gegeneinander in rotierender Trommel; es kosteten 230 Stück 5 M. Als Hebelstange dient ein Halbmeterstab.

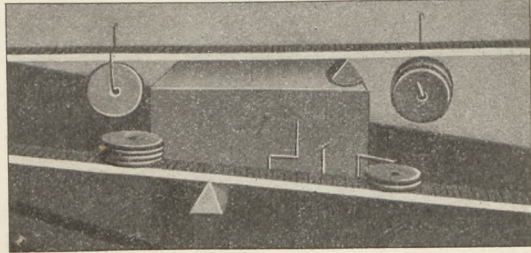


Fig. 4.

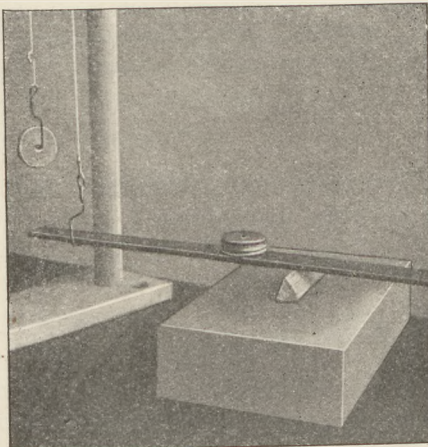


Fig. 5.

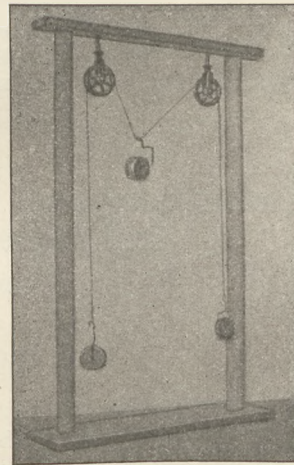


Fig. 6.

Die Abänderung für den einarmigen Hebel zeigt Fig. 5, die ohne weiteres verständlich ist. (Der Haken stets am langen Arm!) Das Gestell, welches hier die Rolle trägt, ist vollständig zu sehen in Fig. 6, wo es eingerichtet ist zur Auffindung des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte. Die Gestelle sind von Schülern gezimmert unter Verwendung von Kistenbrettern und je eines Besenstieles. Die Rollen, so-

genannte Vogelrollen, aus Gußeisen bestehend und schwarz lackiert, kosten je 35 Pf. und haben den Ansprüchen ausgezeichnet genügt. Sie können auch seitlich eingeschraubt werden. In Fig. 7 ist rechts sichtbar das Gestell mit Einrichtung der losen Rolle. Die rechte Rolle aus Fig. 6 ist herausgeschraubt, Schraube nach unten gekehrt, mit einem Haken und einer viereckigen Zinkplatte belastet bis auf 100 g. Diesen wird das Gleichgewicht gehalten durch nur 2 Gewichtseinheiten am anderen Haken. Schließlich

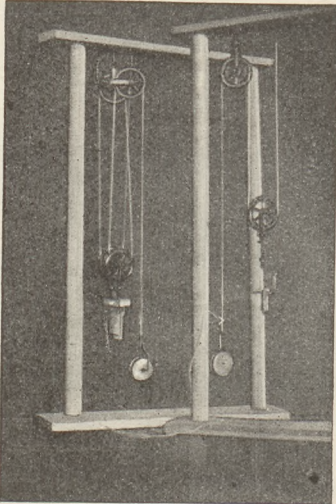


Fig. 7.

sind die Rollen von 2 Jochen verwendet, um einen Flaschenzug mit 4 Seilen herzustellen. Die eine Rolle wird links seitlich eingeschraubt neben die feste; die beiden losen Rollen sind durch ein Stück Eichenholz hindurchgesteckt und mit einem Streichholz festgekeilt. Ein Haken greift darüber und trägt 2 Metallplättchen, welche das System der losen Rollen und des Klötzchens auf 200 g bringen. Diesen 8 Gewichtseinheiten halten 2 solche am Fadenende das Gleichgewicht.

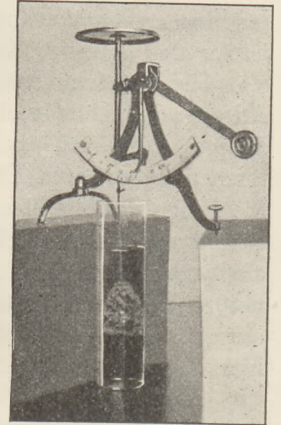


Fig. 8.

Fig. 8 zeigt die Anordnung zur Ermittlung der Gewichtsverminderung im Wasser. Ein Stein ist auf dem oberen Teller gewogen. Die Wage wird dann auf 2 Zigarrenkisten gestellt, der

Stein vermittelt eines leichten Fadens und dünnen Drahthäkchens unter den Teller gehängt und nochmals gewogen. Dann kommt das in der 4. Lehrstunde geeichte zylindrische Gefäß (links Skala auf Papier) mit a ccm Wasser darunter. Der Schüler beobachtet, daß das Wasser b ccm höher steht, nachdem der Stein hineingekommen ist, und daß auch die Wage b g weniger zeigt.

Die Überraschung der Schüler beim Entdecken dieser Gleichheit ist eine der lohnendsten Erfahrungen, die man bei diesen Übungen machen kann.

## Demonstrationsapparate für Schwingungen von Systemen mit zwei Freiheitsgraden und Theorie derselben<sup>1)</sup>.

Dritte Mitteilung (Schluß).

Von

H. J. Oosting in den Helder, Holland.

23. Während der in Fig. 10 abgebildete Torsionsapparat für Schwebungen im Jahre 1913 entstanden ist, habe ich schon einige Jahre früher für denselben Zweck ein Doppelpendel konstruiert und bei Vorträgen verwendet. Obgleich dieses Doppelpendel als Demonstrationsapparat für den genannten Zweck dem Torsionsapparate nachgestellt werden muß, werde ich es jetzt doch behandeln, weil es in verschiedenen Punkten ein lehrreicher Apparat ist.

Die Konstruktion meines Doppelpendels (Fig. 13 und 15) lehnt sich an diejenige des alten in § 1 genannten Pendelapparates für die Lissajousschen Kurven an. Es

<sup>1)</sup> Die ersten beiden Mitteilungen sind in *dieser Zeitschr.* 28. S. 126 und 240 erschienen.



ist aus Stricknadeln angefertigt und jedes Pendel ist mit zylindrischen Massen aus Messing beschwert. Das eine Pendel hängt in dem anderen mit stählernen Stiften, die in kleinen Nöpfchen aus Achat ruhen, wie sie bei Deklinationsnadeln verwendet werden; das äußere Pendel ruht mit stählernen Stiften in kleinen Uhrgläsern. Die Achse  $BB'$  des inneren Pendels ist der Achse  $AA'$  des äußeren Pendels parallel und kann höher oder niedriger als diese liegen. Bei dem Doppelpendel, das in den Figuren 13 und 15 dargestellt ist, liegt die Achse des inneren Pendels 0,22 cm höher als die Achse des äußeren Pendels.

Bei guter Regulierung der Schwingungszeiten der beiden Pendel erhält man, wenn man dem einen Pendel eine Ablenkung gibt, das andere in der Ruhelage festhält und dann beide in demselben Augenblicke losläßt, die Erscheinung der Resonanz und der Energieübertragung von dem einen Pendel an das andere, so daß jedes Pendel Schwebungen zeigt.

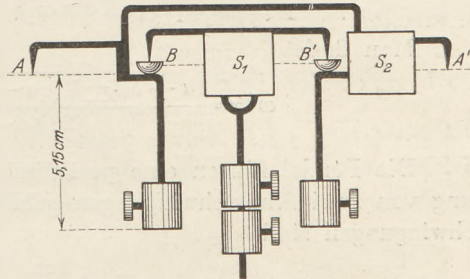


Fig. 13.

24. A. Föppl<sup>2)</sup> hat die Theorie des Doppelpendels ausführlich behandelt. Durch Vergleichung von Föppls Gleichungen mit denjenigen von Max Wien glaube ich die Sache in einigen Punkten verdeutlicht zu haben.

Wir betrachten die Figur 14 (übereinstimmend mit Föppls Fig. 7, S. 97). Das Pendel  $A$  ist bei meiner Vorrichtung das äußere und das Pendel  $B$  das innere Pendel.  $S$  und  $S_1$  sind die Schwerpunkte, wobei angenommen ist, daß  $S$  auf der Verbindungslinie der beiden Gelenkpunkte  $\alpha$  und  $\beta$  liegt. In der Figur liegt  $S$  zwischen  $\alpha$  und  $\beta$ . Nötig ist dies nicht, sondern der Schwerpunktsabstand  $s$  kann auch größer sein als der Abstand  $l$  zwischen den Gelenken. Auch kann  $\beta$  oberhalb  $\alpha$  liegen. Föppl nimmt als Koordinaten die mit  $\varphi$  und  $\psi$  bezeichneten Winkel, die von den Geraden  $\alpha S$  und  $\beta S_1$  mit der Lotrichtung gebildet werden. Die Bewegungsgleichungen sind von Föppl abgeleitet mittels der Gleichungen von Lagrange und unter Vernachlässigung der Reibung findet er für kleine Schwingungen

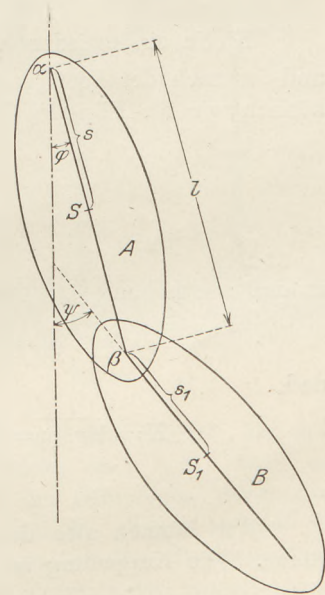


Fig. 14.

$$\left. \begin{aligned} a\varphi + b \frac{d^2\varphi}{dt^2} + c \frac{d^2\psi}{dt^2} &= 0 \\ d\psi + e \frac{d^2\psi}{dt^2} + c \frac{d^2\varphi}{dt^2} &= 0 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} (91) \text{ S. 103} \\ \text{bei Föppl.} \end{array}$$

Die hierin vorkommenden Koeffizienten sind

$$\left. \begin{aligned} a &= g (ms + m_1 l) \\ b &= \Theta + m_1 l^2 \\ c &= m_1 s_1 l \\ d &= g m_1 s_1 \\ e &= \Theta_1 \end{aligned} \right\} (92) \text{ bei Föppl.}$$

<sup>2)</sup> A. Föppl, Vorlesungen über technische Mechanik, Bd. VI. — Über die Theorie des Doppelpendels weiter zu sehen unter anderem: W. Veltmann, Über die Bewegung einer Glocke. *Dinglers Polytechn. Journal* 220. S. 481. 1876. — De Jonquières, Sur les mouvements d'oscillation simultanés de deux pendules suspendus bout à bout. *C. R.* 105. S. 23 und 253. 1887. — Everett, On dynamical illustrations of certain optical phenomena. *Phil. Mag.* (5) 46. S. 227. 1898.

Hierin sind  $m$  und  $m_1$  die Massen der Pendel  $A$  und  $B$ ,  $\Theta$  das Trägheitsmoment von  $A$  in bezug zur Aufhängeachse  $\alpha$ ,  $\Theta_1$  das Trägheitsmoment von  $B$  in bezug zur Aufhängeachse  $\beta$ ,  $g$  die Beschleunigung der Schwere. Aus den Gleichungen (91) folgt für  $\varphi$  und ebenfalls für  $\psi$  eine Differentialgleichung vierter Ordnung, welcher genügt wird durch die Ausdrücke<sup>3)</sup>

$$\varphi = A \sin \omega_1 t + B \cos \omega_1 t + C \sin \omega_2 t + D \cos \omega_2 t \quad \text{Föppl (94)}$$

$$\psi = p(A \sin \omega_1 t + B \cos \omega_1 t) + q(C \sin \omega_2 t + D \cos \omega_2 t) \quad \text{Föppl (97)}$$

Man findet

$$\omega^2 = \frac{ea + bd \pm \sqrt{(ea - bd)^2 + 4dac^2}}{2(bc - c^2)} \quad (96) \text{ bei Föppl.}$$

Die Pendel führen eine periodische Bewegung aus, die durch Übereinanderlagerung von zwei Sinusschwingungen gebildet ist. Die Schwingungsdauern dieser Sinusschwingungen sind

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} \quad \text{und} \quad T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}.$$

25. Vergleichen wir jetzt Föppls Gleichungen mit den von Wien abgeleiteten. Wien findet<sup>4)</sup> für den Fall, für den er den Namen Beschleunigungskoppelung eingeführt hat, ohne Dämpfung

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} + \varrho_1 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + k_1^2 x_1 = 0$$

$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} + \varrho_2 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + k_2^2 x_2 = 0$$

Hierin sind wieder  $k_1$  und  $k_2$  die natürlichen Schwingungszahlen in  $2\pi$  Sekunden, und ist nach der heutigen Bezeichnungsweise  $\sqrt{\varrho_1 \varrho_2}$  der Koppelungskoeffizient. Nun können wir für Föppls Gleichungen schreiben

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{c}{b} \frac{d^2 \psi}{dt^2} + \frac{a}{b} \varphi = 0$$

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} + \frac{c}{e} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{d}{e} \psi = 0$$

so daß wir haben

$$\varrho_1 = \frac{c}{b}, \quad \varrho_2 = \frac{c}{e}, \quad k_1^2 = \frac{a}{b}, \quad k_2^2 = \frac{d}{e},$$

und

$$K = \sqrt{\varrho_1 \varrho_2} = \frac{c}{\sqrt{be}} = \frac{m_1 s_1 l}{\sqrt{(\Theta + m_1 l^2) \Theta_1}} = \frac{m_1 s_1}{\sqrt{\left(\frac{\Theta}{l^2} + m_1\right) \Theta_1}}.$$

Wir können also das Doppelpendel betrachten als eine Koppelung zweier Systeme. Die Koppelung ist lose, wenn  $l$  klein ist. Weiter ist

$$k_1^2 = \frac{a}{b} = \frac{g(m s + m_1 l)}{\Theta + m_1 l^2},$$

$$k_2^2 = \frac{d}{e} = \frac{g m_1 s_1}{\Theta_1},$$

<sup>3)</sup> Ich habe statt  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  bei Föppl die gebräuchlicheren Bezeichnungen  $\omega_1$  und  $\omega_2$  geschrieben und in der Gleichung (97) habe ich  $p$  und  $q$  genommen statt  $K_1$  und  $K_2$ , weil ich überall den Buchstaben  $K$  für den Koppelungskoeffizienten gebraucht habe.

<sup>4)</sup> Wien, l. c. S. 159.



woraus für die natürlichen Schwingungszeiten folgt

$$\frac{2\pi}{k_1} = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta + m_1 l^2}{g(ms + m_1 l)}} \quad \text{und} \quad \frac{2\pi}{k_2} = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta}{gm_1 s_1}}.$$

Der zweite Wert ist einfach die Eigenschwingungszeit des zweiten Pendels *B* (bei meinem Apparat das innere Pendel). Der erste Wert ist die Schwingungszeit, welche das Pendel *A* (mein äußeres Pendel) erhalten würde, wenn eine Masse gleich derjenigen des Pendels *B* in der Aufhängeachse von *B* angebracht würde.

Den Fall der Resonanz haben wir für  $k_1 = k_2$ , also nicht, wenn die beiden einzelnen Pendel des Doppelpendels gleiche Schwingungszeit haben.

26. Föppl findet (Seite 106), daß die Koeffizienten *p* und *q* der Gleichung (97) im allgemeinen verschiedene absolute Werte haben, daß aber eine Ausnahme davon der Fall bildet, daß infolge der besonderen Wahl der Maße und der Massenverteilung der beiden Pendel

$$ae = bd$$

wird. Hierbei ist zu bemerken, daß dieser Fall nach der Wienschen Auffassung der Fall der Resonanz ist, da  $k_1^2 = k_2^2$  die Beziehung  $ae = bd$  liefert.

27. Um das in § 25 gefundene Resultat zu verifizieren, habe ich mit dem beschriebenen Apparate einige Messungen ausgeführt. Die erforderliche Apparatur zeigt Fig. 15 in photographischer Wiedergabe.

Jedes einzelne Pendel des Doppelpendels trägt ein vertikales Spiegelchen *S*<sub>1</sub> und *S*<sub>2</sub>. Es ist nötig, die Schwingungszeit jedes einzelnen Pendels für sich messen zu können. Bei dem äußeren Pendel verwendet man das gewöhnliche in der Mitte dargestellte Stativ. Für das innere Pendel allein ist das linke Stativ bestimmt. Bei beiden Stativen sind die kleinen Uhrgläser, worin die Pendel mit ihren stählernen Stiften schwingen können, an dem Oberende von hölzernen Säulchen angebracht. Bei der Bestimmung der Schwingungszeit eines Pendels läßt man in der gewöhnlichen Weise ein Lichtbündel auf das Spiegelchen fallen und mißt mittels einer Stopp-

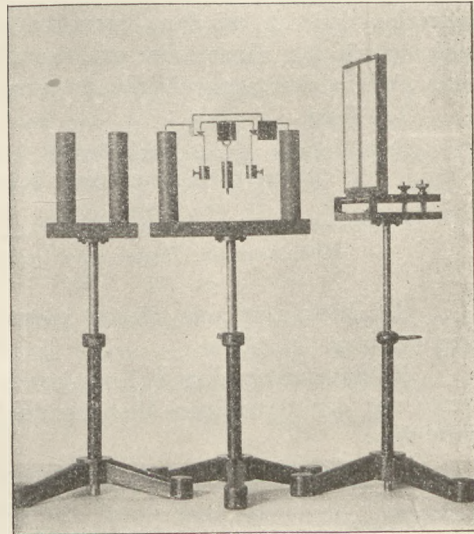


Fig. 15.

uhr die Dauer einer Anzahl von Schwingungen des Lichtbildes auf dem Schirm. Bei der Messung der Schwebungen verfährt man wie in § 14 (siehe auch § 6). Weil es wünschenswert ist, daß in der Ruhelage die beiden Bilder der Öffnungen, durch die das Licht fällt, auf dem Schirm in gleicher Höhe liegen, und die kleinen Spiegel *S*<sub>1</sub> und *S*<sub>2</sub> nicht genau parallel zueinander sind, verwende ich bei dem Doppelpendel ein Stativ mit zwei Planspiegeln (in der Figur 15 rechts), deren jeder mittels einer Schraube um eine horizontale Achse drehbar ist. Deutlichkeitshalber ist die Ausführung des Versuches näher in Fig. 16 angegeben. *A* ist der Lichtbogen der elektrischen Bogenlampe, *C* die Kondensorlinse (die vordere Linse ist abgenommen), *B* ist eine Messingplatte mit zwei kleinen runden Öffnungen. Die achromatische Linse *L* wirft von diesen zwei Öffnungen Bilder auf den Projektionsschirm. Die Kondensorlinse ist an meinem Apparat verschiebbar und wird am besten so gestellt, daß das Bild des Lichtbogens auf die Linse *L* fällt. *S*<sub>1</sub> und *S*<sub>2</sub> sind die kleinen Spiegel des Doppelpendels, *S*<sub>3</sub> und *S*<sub>4</sub> sind die größeren Spiegel, die um eine horizontale Achse drehbar sind.

28. Es zeigte sich, daß der Apparat nicht die schönsten Schwebungen, wobei die Minima der Amplitude null oder sehr klein werden, gibt, wenn die Schwingungszeiten der einzelnen Pendel einander gleich sind. Nachdem bei dem äußeren Pendel die zylindrischen Massen am Unterende der Stäbchen befestigt waren, wurde dieses Pendel weiter unverändert gelassen und das innere Pendel durch Verschiebung der Massen und mittels einer kleinen Kupferdrahtspirale (in Fig. 15 unterhalb des Zylinders zu sehen) so reguliert, daß bei den Schwebungen die besten Minima erhalten wurden. Öfters sind die Minima gut bis 40 Schwebungen. Wie in § 17, ist unter

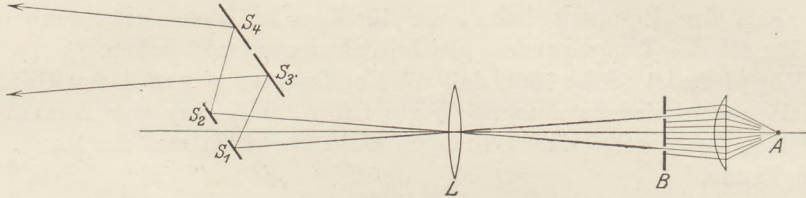


Fig. 16.

Dauer einer Schwebung die Zeit zwischen zwei Minimis verstanden, d. h. zwischen zwei Augenblicken, wo die Amplitude des Lichtbildes null oder am kleinsten ist. Ich bemerke, daß ich bei den Versuchen über Schwebungen dem einen Pendel eine Ablenkung mit dem Finger oder mit einem Pinsel gebe, und daß das andere Pendel in Ruhe sein muß in dem Augenblicke, in dem man den Finger oder den Pinsel zurückzieht.

Ich fand:

a) Ablenkung dem äußeren Pendel erteilt:

Mittelwert der Dauer einer Schwebung bei dem inneren Pendel . . . . . 10,54 S.  
 " " " " " " " " äußeren " . . . . . 10,68 S.<sup>5)</sup>

b) Ablenkung dem inneren Pendel erteilt:

Mittelwert der Dauer einer Schwebung bei dem äußeren Pendel . . . . . 10,61 S.  
 " " " " " " " " inneren " . . . . . 10,66 S.

Als Mittelwert aus diesen Versuchen zusammen finden wir die Dauer einer Schwebung 10,6 Sek.

Bestimmung der Schwingungszeiten der einzelnen Pendel. Als Mittelwerte aus der 10 maligen Messung der Zeitdauer von 200 Doppelpendelungen wurde gefunden:

Schwingungsdauer des inneren Pendels allein  $T = 0,4540$  S.  
 " " äußeren " "  $T = 0,4365$  "

In Übereinstimmung mit der Theorie sind also im Fall der besten Schwebungen, d. h. im Fall der Resonanz nach der Wienschen Auffassung, die Schwingungszeiten der beiden Pendel nicht einander gleich. Nach der Theorie muß bei dem äußeren Pendel die Schwingungszeit ( $T''$ ) derjenigen des inneren Pendels gleich werden, wenn man in die Schwingungsachse  $BB'$  eine Masse anbringt gleich derjenigen des inneren Pendels. Dies habe ich in folgender Weise verifiziert. Wir haben (siehe § 25)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta_1}{gm_1 s_1}} = 0,4540 \tag{16}$$

$$T' = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta}{gms}} = 0,4365 \tag{17}$$

$$T'' = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta + m_1 l^2}{g(m s + m_1 l)}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{\Theta}{ms} + \frac{m_1 l^2}{ms}}{g \left(1 + \frac{m_1 l}{ms}\right)}} \tag{18}$$

<sup>5)</sup> Hierbei waren die Minima weniger gut als bei den anderen Messungen.



Im Fall der Resonanz muß  $T'' = T$  sein.

Nun habe ich gefunden:

$$m = 46,35 \text{ g}, \quad m_1 = 39,80 \text{ g}, \quad l = -0,22 \text{ cm}, \quad s = 3,07 \text{ cm}.$$

$l$  ist negativ, weil die Achse des inneren Pendels oberhalb derjenigen des äußeren Pendels liegt. Der Abstand  $s$  des Schwerpunktes des äußeren Pendels von der Achse wurde in nachfolgender Weise bestimmt. Das Pendel wurde mit den beiden Stäbchen auf einen horizontal gespannten Faden gelegt, mit der Achse dem Faden parallel, und verschoben, bis der Schwerpunkt auf dem Faden lag. Dann wurden mittels einer kleinen Zeichenfeder mit Tinte Marken auf die Stäbchen gesetzt. Mit einem einfachen Kathetometer wurde dann der Abstand der Marken von der Pendelachse gemessen.

Nun kann  $\Theta/ms$  aus 17) gefunden werden, so daß alles bekannt ist, um  $T''$  aus 18) zu berechnen.

Aus 17) finde ich  $\Theta/ms = 4,734 \text{ cm}$  und aus 18)

$$T'' = 2\pi \sqrt{\frac{4,734 - 0,014}{981(1 - 0,062)}} = 0,451,$$

was genügend mit dem Wert von  $T$  übereinstimmt.

29. Bei dem Torsionsapparate für Schwebungen habe ich die parallele und die antiparallele Bewegungsweise mit gleicher Amplitude besprochen, und in § 17 Versuche darüber beschrieben. So einfach wie bei dem Torsionsapparate ist diese Sache bei dem Doppelpendel nicht. Veltmann und Föppl (a. a. O. S. 108) haben die Frage gelöst, ob es vorkommen kann, daß nicht nur zu Anfang, sondern auch im ganzen weiteren Verlauf der Bewegung  $\psi = \varphi$  wird, und dies ist gerade der Fall der parallelen Bewegungsweise mit gleicher Amplitude. Man findet, daß diese Art der Bewegung nur möglich ist, wenn die Maße und Massenverteilungen in den beiden Pendeln so sind, daß in Föppls Gleichung (97) der Koeffizient  $q = 1$  ist; dies liefert die Beziehung:

$$a(e + c) = d(b + c).$$

Weiter hat Föppl (a. a. O. S. 111) gefunden, daß in dem schon besprochenen Fall, daß  $ae = bd$  ist, eine Bewegung möglich ist, wobei der Winkel  $\psi$  dauernd dem Winkel  $\varphi$  proportional bleibt. Dann haben wir die parallele Bewegungsweise mit einem bestimmten Verhältnisse der Amplituden, wofür Föppl den Wert  $\sqrt{a/d}$  findet.

In ähnlicher Weise wie Föppl die Beziehung gefunden hat für den Fall der parallelen Bewegungsweise mit gleicher Amplitude, kann man auch die Beziehung finden, welche erfüllt sein muß, wenn die antiparallele Bewegungsweise mit gleicher Amplitude möglich sein soll. Man findet dafür

$$a(e - c) = d(b - c).$$

Nach § 28 haben die Versuche mit meinem Doppelpendel schon bewiesen, daß der Fall  $ae = bd$  dabei nahe erfüllt ist. Am deutlichsten ist es aber, die drei Fälle durch Berechnung der Werte der Koeffizienten  $a, b, c, d, e$  meines Systems zu untersuchen. Aus dem in § 28 gefundenen Werte von  $\Theta/ms$  kann  $\Theta$  gefunden werden, da  $m$  und  $s$  bekannt sind. Ich finde  $\Theta = 674 \text{ gcm}^2$ . Nun ist noch  $S_1$  erforderlich. Dafür habe ich gefunden  $s_1 = 4,01 \text{ cm}$ . Aus der gemessenen Schwingungszeit des inneren Pendels  $T = 0,4540$  folgt  $\Theta_1/m_1 s_1 = 5,122 \text{ cm}$  und mit den Werten von  $m_1$  und  $s_1$  ergibt sich  $\Theta_1 = 817 \text{ gcm}^2$ . Jetzt ist alles bekannt und wir haben

$$\begin{aligned} a &= 981(46,35 \times 3,07 - 39,8 \times 0,22) = 131 \times 10^3 \\ b &= 674 + 39,8 \times 0,22^2 = 674 + 1,9 = 676 \\ c &= -39,8 \times 4,01 \times 0,22 = -35 \\ d &= 981 \times 39,8 \times 4,01 = 157 \times 10^3 \\ e &= 817 \end{aligned}$$

Hiermit finden wir für die drei oben genannten besonderen Fälle

$$\frac{ae}{db} = \frac{131 \times 10^3 \times 817}{157 \times 10^3 \times 676} = 1,01$$

$$\frac{a(e+c)}{d(b+c)} = \frac{131 \times 10^3 (817 - 35)}{157 \times 10^3 (676 - 35)} = \frac{131 \times 782}{157 \times 641} = 1,02$$

$$\frac{a(e-c)}{d(b-c)} = \frac{131 \times 10^3 (817 + 35)}{157 \times 10^3 (676 + 35)} = \frac{131 \times 852}{157 \times 711} = 1,00$$

Bei der Beziehung, die im Fall der Resonanz bestehen muß, finde ich also eine Abweichung von  $1^0/0$ , bei der Beziehung für die parallele Bewegungsweise mit gleicher Amplitude  $2^0/0$ , und bei der Beziehung im Fall der antiparallelen Bewegungsweise ist die Abweichung kleiner als  $1/2^0/0$ . Daß den drei Beziehungen näherungsweise zu gleicher Zeit genügt wird, hat seine Ursache in dem kleinen Wert von  $l$ , dem Abstand der Achsen der beiden Pendel.

Die Versuche über den parallelen und den antiparallelen Gang ergaben folgendes. Gebe ich den beiden Pendeln gleiche Ablenkungen nach derselben Seite und lasse ich beide im selben Augenblicke los, so entstehen noch deutliche Zu- und Abnahmen der Amplituden. Nehme ich bei dem inneren Pendel die Ablenkung etwa  $2/3$  der Ablenkung des äußeren Pendels, so behalten während der Schwingung die Amplituden der beiden Pendel ein konstantes Verhältnis. Für den antiparallelen Gang erwies es sich am besten, die Ablenkungen der beiden Pendel nach entgegengesetzter Seite einander gleich zu nehmen, aber es zeigte sich doch noch eine kleine Zu- und Abnahme der Amplituden. Aus der 10 maligen Messung von 100 Doppelschwingungen erhielt ich als Mittelwert der Schwingungszeiten

Parallele	Bewegungsweise	$T_1 = 0,4413,$
Antiparallele	"	$T_2 = 0,4601.$

Für die Schwingungszahlen in einer Sekunde folgt hieraus

$$n_1 = 2,266, \quad n_2 = 2,173.$$

Für die Dauer einer Schwebung bei der zusammengesetzten Schwingung erhalten wir hieraus

$$\frac{1}{n_1 - n_2} = \frac{1}{0,093} = 10,7 \text{ Sek.},$$

was in guter Übereinstimmung ist mit dem aus den Versuchen gefundenen Wert 10,6 (§ 28).

Zu bemerken ist, daß nach Föppl in dem Fall, für den  $ae = bd$  gilt, das Verhältnis der Amplituden bei der parallelen Bewegungsweise sein soll

$$\sqrt{\frac{a}{d}} = \sqrt{\frac{131 \times 10^3}{157 \times 10^3}} = 0,91.$$

Daß dies nicht stimmt mit dem gefundenen Wert von etwa  $2/3$ , ist wohl so zu deuten, daß der Fall  $ae = bd$  nicht genau erfüllt war.

Während bei dem Torsionsapparat die Schwingungszeit der parallelen Bewegungsweise größer ist als diejenige des antiparallelen Ganges (§ 17), ist es bei dem beschriebenen Doppelpendel umgekehrt. Dies hängt aber bei dem Doppelpendel davon ab, ob die Achse des inneren Pendels höher oder niedriger liegt als die des äußeren Pendels. Bei dem beschriebenen Pendelapparat liegt die Achse des inneren Pendels höher als diejenige des äußeren und ist die Schwingungszeit der parallelen Bewegungsweise kleiner als diejenige des antiparallelen Ganges. Bei einem Versuch mit einem anderen Doppelpendel, wobei die Achse des inneren Pendels ein wenig unterhalb derjenigen des äußeren Pendels liegt, habe ich das Umgekehrte gefunden.



Aus den Versuchen erhalten wir für den Koppelungskoeffizienten des Doppelpendels

$$K = \frac{n_1 - n_2}{n} = (n_1 - n_2) T = \frac{0,454}{10,6} = 0,043$$

und aus der theoretischen Formel (§ 25)

$$K = \sqrt{\varrho_1 \varrho_2} = \frac{c}{\sqrt{be}} = \frac{-35}{\sqrt{676 \times 817}} = -0,047.$$

Der Unterschied im Vorzeichen hat keine Bedeutung, da der Versuch über das Vorzeichen nichts aussagt.

30. Zu den beschriebenen mit dem Doppelpendel ausgeführten Versuchen möchte ich noch bemerken, daß der Apparat ursprünglich ausschließlich entworfen war, um als Demonstrationsapparat der Schwebungen bei gekoppelten Systemen zu dienen. Zur genaueren Prüfung der Theorie würde ich einen größeren Apparat, bei dem verschiedene Größen mit größerer relativer Genauigkeit gemessen werden können, vorziehen. Aber ich meine, daß es zu empfehlen ist, die Aufhängungsweise und auch die Verwendung der Spiegel beizubehalten, da hierdurch die Messung der Schwingungszeiten wesentlich erleichtert wird und im allgemeinen die Erscheinung besser zu verfolgen ist.

31. Ich erwähne noch, daß die Beziehung, die erfüllt sein muß, wenn die parallele Bewegungsweise mit gleicher Amplitude möglich sein soll, eine besondere Bedeutung hat. Veltmann fängt seine Abhandlung „Über die Bewegung einer Glocke“ mit den Worten an: „Als mit der neuen Glocke des Cölner Doms, Kaiserglocke genannt, der erste Läuteversuch nach ihrer Ankunft in Cöln vorgenommen wurde, zeigte sich die eigentümliche Erscheinung, daß der Klöppel relativ zur Glocke sich gar nicht bewegte, sondern stets in der Mittellinie verharrte“. Veltmann versuchte dann die Umstände, welche dies bedingen, theoretisch zu ermitteln. Nun ist die Glocke mit dem darin aufgehängten Klöppel als ein Doppelpendel zu betrachten, und Veltmann fand dann auch die Beziehung, welche bei Föppl vorkommt, in der Form

$$a(e + c) = d(b + c)$$

oder

$$m_1 s_1 (\Theta + m_1 l^2 + m_1 s_1 l) = (ms + m_1 l) (\Theta_1 + m_1 s_1 l).$$

Hieraus folgt

$$l = \frac{\frac{\Theta}{ms} - \frac{\Theta_1}{m_1 s_1}}{1 + \frac{m_1}{ms} \left( \frac{\Theta_1}{m_1 s_1} - s_1 \right)},$$

in welcher Form die Beziehung schon bei Veltmann zu finden ist. Setzen wir  $\Theta/ms = L$  und  $\Theta_1/m_1 s_1 = L_1$ , dann erhalten wir

$$l = \frac{L - L_1}{1 + \frac{m_1}{ms} (L_1 - s_1)},$$

wobei  $L$  und  $L_1$  die Längen der mathematischen Pendel bedeuten, die mit den beiden Pendeln des Systems synchron sind. Ist  $m_1/m$  sehr klein, so wird die Beziehung

$$l = L - L_1.$$

Die einfache Bedeutung hiervon ist, daß der Abstand der Aufhängeachsen der beiden Pendel der Differenz der Längen der synchronen mathematischen Pendel gleich

ist, oder daß die Schwingungsmittelpunkte der beiden Pendel in gleicher Höhe liegen. Dieses Resultat ist leicht verständlich. Wenn  $m_1/m$  sehr klein ist, wirkt das innere Pendel wenig auf das äußere zurück. Das äußere Pendel bewegt sich dann, als ob es allein wäre, und das innere Pendel erhält von dem äußeren Pendel einfach eine erzwungene Bewegung.

Ich habe diesen einfachen Fall in nachfolgender Weise verifiziert. In Fig. 17a ist ein einfaches Reversionspendel (Sekundenpendel) dargestellt, bestehend aus einem Holzstab von 140 cm Länge, darauf zwei messingne Laufgewichte. Die Achsen  $O_1$  und  $O_2$  werden gebildet von stählernen Stiften, womit das Pendel auf einer Metallplatte aufgehängt werden kann (Fig. 17b), die horizontal an einem Stativ oder an dem Oberende eines vertikalen Holzstabes angebracht ist. Die Laufgewichte sind so gestellt, daß die Schwingungszeit dieselbe ist bei Schwingung um  $O_1$  oder um  $O_2$ . In einen willkürlichen Punkt  $A$  des Pendelstabes steckt man ein Metallstäbchen mit einem kleinen Haken ein und hängt daran ein Fadenpendel auf, so daß der Mittelpunkt der Bleikugel  $P$  in gleicher Höhe mit der unteren Achse  $O_2$  liegt. Gibt man dem Reversionspendel und dem Fadenpendel dieselbe Ablenkung, so schwingen sie mit gleicher Amplitude und Phase.

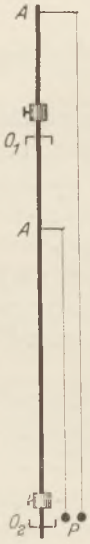


Fig. 17a.

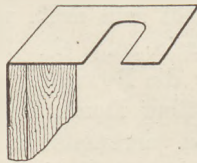


Fig. 17b.

Die Schwingung des Fadenpendels wird noch verdeutlicht durch die Figuren 18a und 18b, wobei  $A_1$   $A_2$  die Schwingung des Punktes  $A$  angibt. Fig. 18a gilt für den Fall, daß  $A$  unterhalb, und Fig. 18b für den Fall, daß  $A$  oberhalb der Achse  $O_1$  des Reversionspendels liegt.

32. Zum Schluß erwähne ich die verschiedenen mir bekannten Apparate, die nach Oberbecks Pendelvorrichtung für die Demonstration des Verhaltens gekoppelter Systeme beschrieben sind:

Mandelstamm, Pendelmodell zur Demonstration der Schwingungsvorgänge in elektrischen gekoppelten Kondensatorkreisen. *Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie* **4**. S. 515. 1911; auch in *Physikal. Zeitschr.* **16**. S. 212. 1915.

Walter Deutsch, Ein mechanisches Modell gekoppelter elektrischer Schwingungskreise. *Physikal. Zeitschr.* **16**. S. 139. 1915.

Thomas R. Lyle, On an exact mechanical analogy to the coupled circuits used in wireless Telegraphy, and a geometrical method of interpreting the equations of such circuits. *Philosophical Magazine*, April 1915.

Der letztere Apparat, der vielleicht am wenigsten bekannt ist, ist in Fig. 19 abgebildet. Ein horizontaler Stab ist so unterstüzt, daß er sich frei in seiner Längsrichtung bewegen kann. An dem Stab sind zwei einfache Pendel in der Art aufgehängt, daß sie nur in der Vertikalebene, welche durch die Achse des Stabes geht, schwingen können. Die Theorie dieses Apparates ist

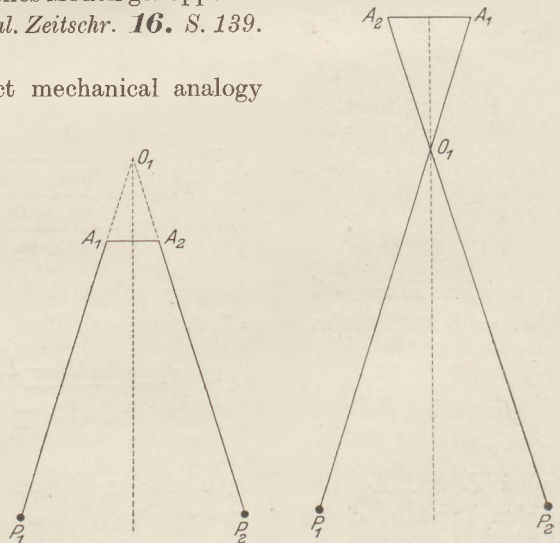


Fig. 18a.

Fig. 18b.

von Lyle ausführlich behandelt worden. Nun hat aber Prof. Korteweg in der von mir genannten Abhandlung (§ 16) das Verhalten eines sehr allgemein gewählten



Mechanismus mit einem Freiheitsgrad, woran zwei Pendel hängen, studiert. In bezug auf den Mechanismus ist nur die Beschränkung gemacht, daß die Bewegung jedes seiner Massenpunkte, wie die der beiden Pendel, in untereinander parallelen vertikalen Ebenen stattfindet, m. a. W., das Problem wird auf zwei Dimensionen beschränkt. Hieraus folgt, daß Lyles Vorrichtung zu diesem allgemeinen Problem gehört. Verschiedene von Lyle erhaltene Resultate sind dann auch schon enthalten in Kortewegs allgemeiner Theorie.

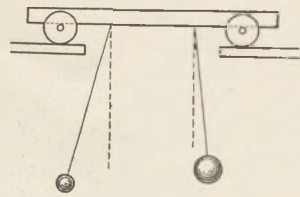


Fig. 19.

Physikalisches Laboratorium des Königl.  
Institutes für die Marine, den Helder.

## Das Wilsonsche Elektroskop als Schulinstrument.

Von

Harry Schmidt in Leipzig.

Zur Ausführung der grundlegenden Experimente aus dem Gebiete der Radioaktivität und Elektronik ist als wichtigstes Instrument ein genügend empfindliches Elektroskop erforderlich. Und zwar wird man an die Empfindlichkeit des für diese Zwecke zu benutzenden Apparates um so höhere Anforderungen stellen müssen, je geringer die Mittel sind, die dabei sonst zur Verfügung stehen. Die ionisierende Wirkung eines reinen Radiumpräparates kann man natürlich bequem mit dem gewöhnlichen, für die elektrostatischen Grundversuche benutzten Elektroskop nachweisen, aber die Radioaktivität beispielsweise eines Glühstrumpfes infolge seines Thoriumgehaltes wird man damit nicht dartun können. Dafür braucht man weit empfindlichere Anordnungen, und es sind zahlreiche Konstruktionen für die verschiedensten Zwecke in der Fachliteratur angegeben worden. Einfachheit in der Konstruktion und der Handhabung vereinigt mit höchster Empfindlichkeit in hohem Maße das Wilsonsche Elektroskop, und daher sei hier seine Wirkungsweise und seine Anfertigung mit einfachen Mitteln eingehender beschrieben.

Abb. 1 zeigt das Elektroskop schematisch gezeichnet.  $ABCD$  ist ein geerdeter Metallkasten, in den isoliert die Metallstangen  $E$  und  $F$  hineingeführt sind.  $E$  trägt ein feines Goldblättchen  $a$ ;  $F$  endigt in die Metallplatte  $b$ , die nahe an der Kastenwand  $AC$  (aber isoliert von ihr) liegt und ständig auf einem hohen positiven oder negativen elektrischen Potential gehalten wird. Der Kasten  $ABCD$  steht in der in der Figur angedeuteten Weise schräg. Dann wirken auf das Blättchen  $a$  zwei Kräfte ein: erstens die Schwerkraft, die es nach unten zieht, und zweitens die elektrische Anziehungskraft, die es nach  $b$  hinzuführen sucht. Diese beiden Kräfte setzen sich zu einer resultierenden zusammen, und diese bestimmt die Stärke der Neigung, die das Blättchen annimmt. Für ein bestimmtes Potential  $P$  an der Platte  $b$  läßt sich durch Versuche leicht eine solche Neigung des Kastens bestimmen, bei welcher das Blättchen bei einer von  $E$  her erfolgenden schwachen Aufladung am stärksten reagiert, die Anordnung also am empfindlichsten ist. Die Beobachtung der Bewegung des Blättchens erfolgt mit Mikroskop und Okularskala durch ein Fensterchen hindurch, das zu diesem Zweck an der betreffenden Stelle in den Metallkasten eingesetzt ist.

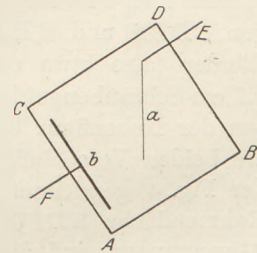


Fig. 1.

In der Fig. 2 ist sodann in photographischer Aufnahme das hier zu beschreibende Instrument wiedergegeben, welchem das soeben kurz charakterisierte Prinzip zugrunde

liegt. Die Anfertigung desselben überläßt man am besten einem geübten Mechaniker, denn eine völlig saubere und exakte Arbeit ist die unerläßliche Vorbedingung zur Erzielung eines wirklich brauchbaren Instrumentes. Dem geübten Handwerker bietet die Ausführung der Arbeit an der Hand einer genauen Beschreibung keine wesentlichen Schwierigkeiten, und der Preis des Instruments wird daher auch kein allzu großer. Ich selbst habe für das in der Photographie dargestellte Instrument (also mit Stativ) 45 M. bezahlt, ein Preis, den man in Anbetracht der großen Leistungsfähigkeit desselben für einen recht niedigen halten muß.

An der Hand der Fig. 3 bis 11 sei nun die Anfertigung des Elektroskops in ihren einzelnen Stufen beschrieben. Fig. 3 zeigt den Kasten, der das Blättchen

aufnehmen soll, ohne die mit Fenstern versehenen beiden großen Verschlußflächen. Dieser Metallrahmen besteht aus 4 aneinander genieteten Metallplatten, am besten Messingplatten, die in der Figur mit  $ABCD$ ,  $CDEF$ ,  $EFGH$  und  $GHAB$  bezeichnet sind. Die Dicke jeder dieser Platten beträgt 0,37 cm; die Breite (also die Länge der

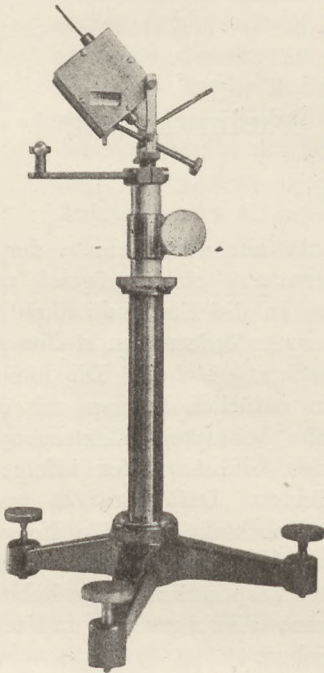


Fig. 2.

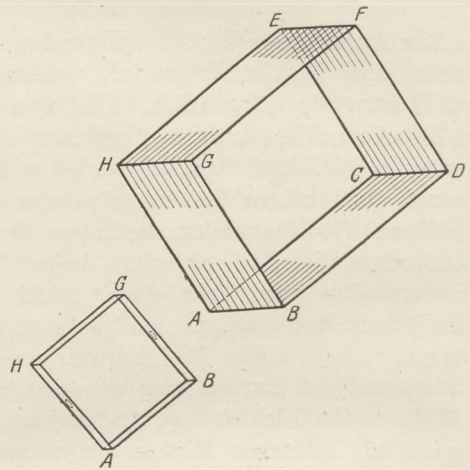


Fig. 3.

Kanten  $AB$ ,  $CD$ ,  $EF$  und  $GH$ ) 3 cm; die Länge von  $ABCD$  und  $EFGH$  5 cm, und die von  $CDEF$  und  $GHAB$  4,5 cm. Jede Platte ist in der Mitte ihrer beiden freien Ränder (also etwa die Platte  $GHAB$  in der Mitte von  $GB$  und  $HA$ ) mit einem 0,2 cm-Schraubengewinde von ca. 0,4 cm Tiefe versehen, wie es für die Platte  $GHAB$  aus der Nebenfigur ersichtlich ist. Mittels entsprechender Schraubchen werden darin die beiden Verschlußplatten auf den Rahmen fest aufgeschraubt, von denen eine in der Fig. 4 gezeichnet ist. Sie ist daselbst, um ihre Zugehörigkeit zu der offenen Rahmenfläche  $BDFG$  der Fig. 3 zu kennzeichnen, mit  $B'D'F'G'$  bezeichnet. Ihre Abmessungen sind die folgenden: die Dicke beträgt 0,2 cm; die Länge von  $B'G'$  und  $D'F'$  ist 4,6 cm, und die von  $B'D'$  und  $F'G'$  5,1 cm. Ihre vier 0,2 cm weiten Öffnungen 1, 2, 3 und 4 liegen in der Mitte nahe den Rändern derart, daß sie beim Auflegen von  $B'D'F'G'$  auf  $BDFG$  genau über den Schraubengewinden in den Rändern dieser Rahmenfläche zu liegen kommen, und so ein festes Aufschrauben auf dieselbe möglich ist. Außerdem besitzt  $B'D'F'G'$  in der Ecke bei  $G'$  noch eine weitere 0,2 cm weite Durchbohrung 5, und ebenso die nicht gezeichnete, jedoch mit  $B'D'F'G'$  völlig identische Deckplatte  $A'C'E'H'$  (die also den Rahmen in der freien Fläche  $ACEH$  verschließen soll) eine solche Öffnung bei  $A'$ . Um von vornherein jeden Irrtum auszuschließen, sei ausdrücklich betont, daß an den betreffenden Stellen der



Rahmenecken (also bei  $B$  und  $A$ ) sich keine Einbohrungen befinden. Ferner befindet sich in  $B'D'F'G'$  (und ebenso auch in  $A'C'E'H'$ , wie denn überhaupt alles hier nur für  $B'D'F'G'$  Gesagte ohne weiteres auch für die andere Deckplatte  $A'C'E'H'$  gilt) ein Ausschnitt  $a$ , und zwar in 1,9 cm senkrechtem Abstand von der Ecke  $B$ , wie es in der Figur angedeutet ist. Die Länge dieser Öffnung beträgt 2,1 cm, ihre Breite 1,1 cm. Sie wird mit einem Glasscheibchen von der Länge 2,3 cm und der Breite 1,3 cm in der Weise verschlossen, daß man dieses mit einer dünnen Schicht weißen Siegelacks (oder auch jedes anderen geeigneten Kittmittels) von der Seite der Deckplatte her über diese Öffnung kittet, die beim Aufschrauben der Deckplatte auf den Rahmen der Fig. 3 in das Innere dieses Rahmens zu liegen kommt.

Damit sind die Deckplatten zum Aufschrauben auf den Rahmen fertig. Bevor das aber geschieht, und bevor der Metallrahmen  $ABCDEFGH$  zusammengefügt wird, müssen an den einzelnen Platten dieses Rahmens noch einige Vorrichtungen angebracht werden, zu deren näherer Besprechung wir uns nunmehr wenden wollen. Zunächst der Halter für das Goldblättchen, der in die Platte  $CDEF$  der Fig. 3 einzusetzen ist, und den schematisch gezeichnet die Fig. 5 zeigt. Er besteht aus einem kurzen Messingröhrchen  $ac$  von 1,0 bis 0,8 cm Durchmesser, das in der Mitte eine kleine kreisrunde Messingplatte  $b$  trägt, mit der der ganze Halter nachher auf der Fläche  $CDEF$  aufliegt. Der Teil  $a$  des Röhrchens ist mit Schraubengewinde versehen, und ebenso die Stelle in der Rahmenplatte  $CDEF$  des Gehäuses, an der der Blättchenträger in das Innere des Gehäuses eingeführt werden soll. Die ungefähre Lage dieser Stelle (in der Mitte zwischen  $CE$  und  $DF$  und ca. 0,5 cm von  $EF$  entfernt) geht zur Genüge aus der Photographie (Fig. 2) hervor. In das Rohr hineingesetzt ist ein Bernsteinstopfen, durch den der Draht  $d$ , an dem das Blättchen nachher befestigt wird, hindurchgeführt ist. Die Befestigung dieses Drahtes in dem Bernstein geschieht mit einer Spur Syndetikon, das an der Austrittsstelle des Drahtes aus dem Bernstein um den Draht herumgelegt und gegen den Bernstein mit einer Stecknadel herangedrückt wird. Nach außen ragt der Draht, der einen Durchmesser von 0,2 cm besitzt, um etwa 5 cm heraus, nach innen hinein aber nur um etwa 1 cm. An dieser Innenseite ist der Draht unten abgeflacht, so daß dort eine abgeschrägte Fläche an ihm entsteht, an der das Blättchen später angeklebt werden kann.

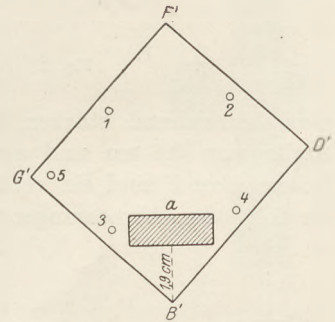


Fig. 4.

Fig. 6 veranschaulicht sodann die Art der Befestigung der dem Blättchen gegenüberstehenden Platte in der Kastenwand  $GHAB$ . Dieselbe geschieht ganz ähnlich, wie wir es eben von dem Blättchenträger beschrieben haben. Der rechtwinklig umgebogene, 0,2 cm starke Draht  $g$  trägt die 0,2 cm starke Messingplatte  $Pl$ , deren Größe man so wählt, daß sie von den Seitenflächen des Gehäuses um einige (höchstens 6) Millimeter absteht. Ebenso weit ist sie von  $GHAB$  entfernt.  $G$  endigt in eine Klemmschraube  $Kl$  mit abgerundeten Ecken. Das Messingrohr  $P$ , das in  $GHAB$  fest sitzt, ist durch einen Bernsteinstopfen verschlossen, durch den  $g$  hindurchführt.

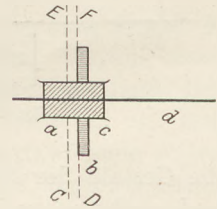


Fig. 5.

Auf der Platte  $EFHG$  wird eine Klemmschraube festgelötet. Auch dieser gibt man zweckmäßig abgerundete Ecken. (Dieselbe ist in der Photographie, ebenso wie die Klemme  $Kl$  der Fig. 6, noch nicht vorhanden.)

Aus der Photographie Fig. 2 ist ferner zu ersehen, an welcher Stelle von  $GHAB$ , also derselben Platte, die von der Platte  $Pl$  mit  $g$  durchsetzt wird (Fig. 6), sich das kleine Stückchen Messingband  $W$  der Fig. 7 befindet, welches einen Bestand-

teil der Kippvorrichtung für das Gehäuse bildet und dessen Form aus der Fig. 7 wohl zur Genüge hervorgeht. Es wird mit einer kleinen Schraube am Gehäuse festgeschraubt. In die kleine Vertiefung von *W* drückt eine große Schraube *V*, welche durch ein Schraubengewinde in *U* verstellbar werden kann. *U* zeigt die Fig. 8 deutlicher, welche den Halter des Gehäuses zur Darstellung bringt. Derselbe besteht aus

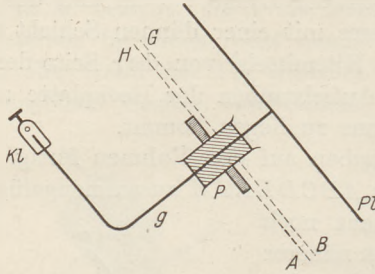


Fig. 6.

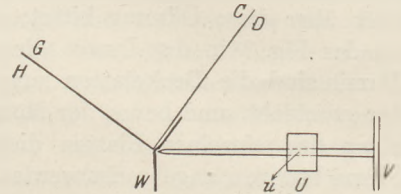


Fig. 7.

zwei hinreichend starken Messingstützen *R* und *S*, die eine Höhe von 5 cm, eine Breite von 0,6 cm und eine Dicke von 0,4 cm besitzen. Bis zu einer Höhe von 1,5 cm über *T* sind sie verdickt zu 0,7 cm. *T* besteht ebenfalls aus Messing und hat die folgenden Abmessungen: eine Breite von 1,3 cm, eine Länge von 5,5 cm und eine

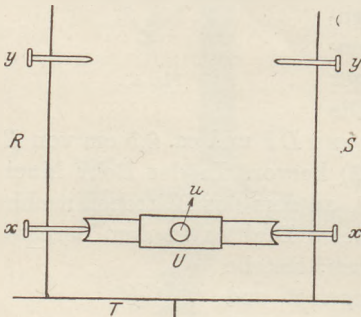


Fig. 8.

Die Form von *U* geht aus der Figur deutlich hervor; das viereckige Mittelstück ist von der Schraubenöffnung *u* durchsetzt, durch welche die Schraube *V* hindurchführt. *V* hat etwa 5 cm Länge. Die Befestigung von *U* zwischen *R* und *S* geschieht mittels der Schrauben *x*, ebenso die des Gehäuses durch die Schrauben *y*, die in die Öffnungen *5* der Verschlussplatten des Gehäuses hineingreifen (vgl. Fig. 4). *T* ist sodann auf der Messingsäule *N* befestigt. *N* wiederum sitzt, mit einer Länge von etwa 1½ cm, fest in dem breiteren Messingrohr *M* (Fig. 9), das mit Zahntrieb durch die in der Fig. 2 zu sehende große Schraube in einem weiteren Messingrohr verstellbar werden kann.

Das Einmünden dieses Rohres in das Stativ und die Gestalt des Stativs selbst sind zur Genüge aus der Photographie zu erkennen, und es brauchen daher hier keine weiteren Bemerkungen dazu gemacht zu werden.

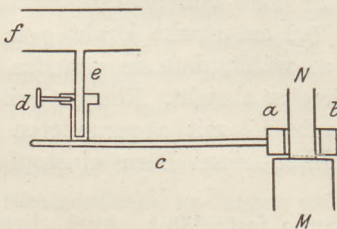


Fig. 9.

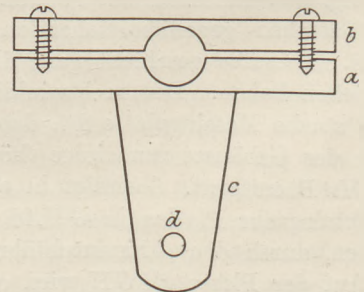


Fig. 10.

Fig. 9 und 10 zeigen endlich den Träger für das Ablesemikroskop, der auch in der Photographie zu sehen ist. Um *N* fassen die beiden ausgehöhlten Metallbacken *a* und *b*, die durch Schrauben gegeneinander gedrückt werden. Sie ruhen auf *M*. An *a* ist



der Metallstreifen *c* befestigt, der nahe seinem Ende den Mikroskophalter *d* trägt. In *d* wird mit einer Schraube das Messingröhrchen *e* verstellbar eingeführt, woran das kleine Stückchen weiten Messingrohres *f* angelötet ist. Durch *f* schiebt man das Ablesemikroskop.

Die sämtlichen eben beschriebenen Vorrichtungen zeigt am Apparat vereinigt die Fig. 11.

Jetzt braucht nur noch das Goldblättchen an dem dazu bestimmten Träger befestigt zu werden, und das Elektroskop ist gebrauchsfertig. Man benutzt echtes Blattgold, wie man es in kleinen Büchern zu 25 Blatt (etwa von Kahlbaum) beziehen kann. Ein solches Blatt wird mit feinen Nadeln ergriffen, zwischen zwei Bogen guten glatten Schreibpapiers gelegt und davon mit einer scharfen Schere ein ca. 0,2 cm breites Streifchen von geeigneter Länge abgeschnitten. Dieses wird mit einer dünnen Schellacklösung an der abgechrägten Fläche des Trägers befestigt.

Eine Zusammenstellung von Schulversuchen, in denen das Elektroskop eine hervorragende Rolle spielt, hoffe ich später in dieser Zeitschrift geben zu können.

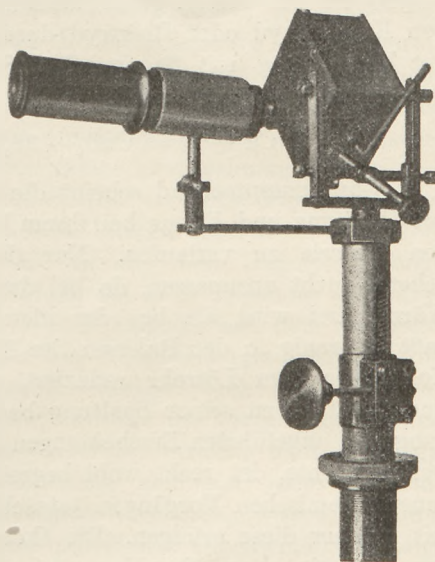


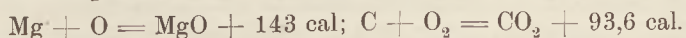
Fig. 11.

## Der Verlauf chemischer Reaktionen im Chemieunterricht.

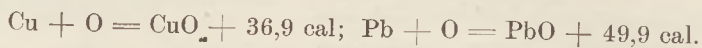
Von

Dr. J. Richard in Nürnberg.

Ob diese oder jene chemische Reaktion zustande kommt, ist eine Frage, die auch im elementaren Chemieunterricht des öftern an uns herantritt. Warum brennt ein entzündetes Magnesiumband in einer Kohlendioxydatmosphäre, während Holz darin verlischt? Das ist eine solche Frage, die der Anfänger mit Recht an uns stellt oder stellen sollte. Die Vorteile einer möglichst frühzeitigen Beantwortung solcher Fragen, der Wunsch, das Kausalitätsbedürfnis der Schüler zu erziehen, muß zur Lösung dieser Fragen auch im Einführungsunterricht führen. Der Begriff der chemischen Affinität, der hier einzuführen wäre, besitzt für den Schüler noch wenig Leben, solange noch eine Einsicht in das Maß dieser chemischen Verwandtschaft nicht genommen werden kann. Wenn man in dem oben genannten Beispiel die größere chemische Affinität des Magnesiums zum Sauerstoff für den Verlauf des Vorgangs verantwortlich macht, so läßt uns diese Begründung im Stich, wenn wir das verschiedene Verhalten des Quecksilbers zum Sauerstoff erklären wollen. Bei der Verbindung beider Stoffe ist die chemische Verwandtschaft größer, bei der Zerlegung des Quecksilberoxyds wieder geringer. Wir müssen mindestens eine große Veränderlichkeit der chemischen Affinität des Quecksilbers zum Sauerstoff annehmen. — Wäre es nun möglich, die thermochemischen Erfahrungen des Schülers, die zu seinen elementaren Kenntnissen gehören, zur allgemeinen Beurteilung des Verlaufs einer chemischen Reaktion heranzuziehen? Betrachten wir die thermochemische Gleichung für die oben schon erwähnten Beispiele:



Bei der Bildung von Magnesiumoxyd aus seinen Elementen wird mehr Energie frei, als umgekehrt zur Spaltung von Kohlendioxyd vonnöten ist. So erscheint bei „oberflächlicher“ Betrachtung die Reduktion des Kohlendioxyds durch entzündetes Magnesium aus dessen großer Bildungswärme erklärlich. Ebenso scheint die Reduktion von Kupferoxyd oder Bleioxyd durch Kohle dadurch erklärlich, daß Kohlenstoff bei der Vereinigung mit Sauerstoff weit mehr Wärme abgibt als bei der Spaltung der genannten Oxyde verbraucht wird:



Ganz entsprechend scheint die verschiedene Aktivität des Kaliums und Natriums, des Calciums und Eisens bei ihrem Verhalten zu Wasser der Menge der frei werdenden Energie zu verlaufen. Nur das Verhalten des Magnesiums scheint sich dem Schema nicht anzupassen, da bei der Zersetzung von Wasser durch Magnesium mehr Wärme frei wird als bei der gleichen Reaktion von Kalium und Natrium. Auch paßt es wenig in den Rahmen der Erklärung, daß Kupferoxyd viel schwerer auf der Kohle vor dem Lötrohr reduziert wird wie Bleioxyd, obwohl letzteres viel mehr Energiezufuhr zu seiner Spaltung bedarf wie Kupferoxyd. Unsere bisherige Begründung der angeführten Erscheinungen führt also zu Widersprüchen. Daß sie aber entstehen konnte, ist recht wohl begreiflich, da ja die Wärmetönung bei den verschiedenen chemischen Vorgängen tatsächlich ein annäherndes Bild für die Energie gibt, mit welcher diese erfolgen. Die thermochemische Gleichung sagt aber nichts darüber aus, „ob“ ein chemischer Vorgang zustande kommt oder nicht. Es ist leicht möglich, die „Freiwilligkeit“ des Verlaufs einer chemischen Reaktion mit dessen exothermen Verlauf zu identifizieren. Es ist also besonders darauf hinzuweisen, daß es falsch ist, aus der Entstehung von viel Energie bei einem Vorgang auf dessen besonders leichtes Zustandekommen zu schließen. Die irrtümliche Schlußfolgerung ist leicht begreiflich, wenn man daran denkt, daß derartige Reaktionen, einmal eingeleitet, durch Selbstbeschleunigung ungeheuer rasch verlaufen. Hier ist nun der geschichtliche Hinweis auf das Berthelotsche Prinzip am Platz, nach welchem die Reaktion in der Richtung verlaufen sollte, in welcher am meisten Wärme entbunden wird und welches in dieser Allgemeinheit unhaltbar geworden ist. — Wenn nun auch der moderne Begriff für das Maß der Affinität „die freie Energie“ dem Unterricht in den oberen Klassen oder dem Studierenden vorbehalten bleiben muß, so kann doch bereits in dem elementaren chemischen Unterricht Einsicht in die Veränderlichkeit der Affinität gewonnen werden. Wie wir bei der Einführung in die Lehre von der Wärme im allgemeinen und in die Thermochemie im besonderen die Unterschiede der Begriffe von Wärmemenge und Intensität hervorheben, so dürften wir nicht verfehlen, auch auf die verschiedenen Faktoren der chemischen Energie aufmerksam zu machen, was ja in kleinem Rahmen in modernen Lehrbüchern geschieht. — War die Reaktionsgeschwindigkeit eines chemischen Vorgangs nicht von der Wärmemenge, sondern von dem Intensitätsfaktor, der Temperatur abhängig, so konnte auch die „Freiwilligkeit“ eines Vorgangs lediglich von der Temperatur beeinflußt werden, eine für die Verbrennungsvorgänge durch den Begriff der „Entzündungstemperatur“ längst ausgedrückte Tatsache. Es lag nun nahe, für andere chemische Vorgänge den Begriff der „Anfangstemperatur“ ganz allgemein einzuführen. Mit diesem Begriff, dem bald der Begriff der „Endtemperatur“ folgen mußte, wird ein ähnlicher didaktischer Vorteil für die Beurteilung chemischer Vorgänge im allgemeinen gewonnen, wie dies für die Verbrennungserscheinungen durch die Entzündungstemperatur geschieht. Namentlich wird dabei mit den so häufigen Fragen der Schüler aufgeräumt, warum bei einem Vorgang ständig erhitzt werden muß, obwohl der Verlauf der Reaktion als exotherm bekannt ist. Dem Schüler wird sehr leicht klar, daß einem Gemenge von Eisen und Schwefel zur Einleitung der Reaktion eine



gewisse Wärme zugeführt werden, ebenso wie die Zersetzung von Kaliumchlorat erst nach Erreichung der Anfangstemperatur erfolgen muß. Es ergibt sich, daß endotherm verlaufende Vorgänge ebensowenig mit unfreiwillig erfolgenden chemischen Vorgängen verwechselt werden dürfen, wie exotherme mit freiwillig verlaufenden, wenn auch freiwillig verlaufende endotherme Vorgänge seltener sind. Nicht die negative Bildungswärme, sondern die Anfangstemperatur der Reaktion ist maßgebend. Die Verwitterung von Glaubersalz, die unter Wärmeaufnahme geschieht, findet nur deshalb freiwillig statt, weil sie bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt. Die verschiedene Anfangstemperatur der chemischen Vorgänge erklärt auch, warum Magnesium mit seiner hohen „Verbrennungstemperatur“ in der Kohlensäure weiterzubrennen vermag, während Holz verlicht, warum Bleioxyd leichter reduziert wird wie Kupferoxyd, obwohl ihm mehr Energie zugeführt werden muß.

Aus den Beispielen geht wohl hervor, was ich mit dem Begriff „Anfangstemperatur“ gesagt haben will. Zur weiteren Klärung sei noch folgendes angeführt. Wenn Phosphor an der Luft liegt, so verbindet er sich langsam mit dem Sauerstoff der Luft. Der Begriff Anfangstemperatur will hier den Temperaturgrad erfassen, bei dem diese Verbindung mit dem Sauerstoff beginnt. Steigert sich durch die entstehende Reaktionswärme die „Reaktionstemperatur“ — die der Verbrennungstemperatur entspricht — so weit, daß die Entzündungstemperatur erreicht wird, so erfolgt Selbstentzündung. Entzündungs- und Anfangstemperatur sind also nicht identisch. Unter Anfangstemperatur will ich den Temperaturgrad verstanden wissen, bei dem eine Reaktion noch eine „wahrnehmbare“ oder eine „meßbare“ Geschwindigkeit zeigt. Ähnlich hat sich der Begriff Endtemperatur bewährt als jener Grad, bei dem die Reaktion „noch“ erfolgt. Ähnlich wie mit Phosphor, so verbindet sich Sauerstoff bei gewöhnlicher Temperatur mit Wasserstoff, wenn auch mit sehr geringer Geschwindigkeit; durch katalytische Einflüsse kann die Reaktion bis zur Selbstentzündung beschleunigt werden. Eine weitere Temperatursteigerung beschleunigt zunächst den Vorgang, bis er schließlich bei der Dissoziationstemperatur des entstandenen Wasserdampfs wieder aufhört. Dieser Punkt ist also die Endtemperatur für die Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff und Anfangspunkt der entgegengesetzten Reaktion. Man wird vielleicht einwenden, die Begriffe Anfangs- und Endtemperatur seien durch die längst gebrauchten Ausdrücke Entstehungs- und Zersetzungstemperatur vertretbar. Vor allem sind diese Begriffe durchaus nicht identisch. Die Anfangstemperatur gilt ebensowohl für eine Zersetzung wie für eine Verbindung oder für eine komplizierte Umsetzung. Der Begriff ist also umfassender und macht vor allem nicht so sehr den Eindruck der Unveränderlichkeit, der sich mir für die Begriffe Entstehungs- und Zersetzungstemperatur unauslöschlich eingeprägt hat. Andererseits will der Begriff Endtemperatur darauf hinweisen, daß eine Steigerung der Temperatur nicht allgemein eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit zur Folge hat, sondern bei einem gewissen Punkt zur Verzögerung und schließlich sogar zur Umkehrung der Reaktion führen kann. Das gilt praktisch für alle umkehrbaren Prozesse, und theoretisch kann man sich wohl sehr viele chemische Vorgänge umkehrbar denken mit der Einschränkung, daß die Endtemperatur solcher scheinbar nicht umkehrbaren Reaktionen praktisch nicht erreicht werden kann. Andererseits sind typisch umkehrbare Prozesse solche, bei denen die Anfangstemperatur der entgegengesetzten Vorgänge einander nahe liegt, wie z. B. bei der Zerlegung von Quecksilberoxyd und der Vereinigung seiner Elemente. Fassen wir das Gesagte kurz zusammen: Im Chemieunterricht der Mittelschulen sollte nicht nur die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Temperatur besprochen, sondern auch betont werden, daß die Reaktionsmöglichkeit, der Verlauf einer Reaktion, die Tatsache, daß die Reaktionsgeschwindigkeit größer als Null ist, von der Temperatur beeinflusst wird. Will man den Begriff der chemischen Affinität nicht missen, so muß man auf die Veränderlichkeit derselben mit der Temperatur die Aufmerksamkeit lenken. Viel einfacher wird man statt dessen der Begriff der Anfangs- und Endtemperatur einer chemischen Reaktion einführen.

Auch der zweite Faktor der Reaktionsgeschwindigkeit, die Konzentration der aufeinander wirkenden Stoffe, bedarf einiger Einschränkungen bzw. Erweiterungen bei der Verwendung im Chemieunterricht. Je höher die Konzentration der wirksamen Stoffe, desto größer die Reaktionsgeschwindigkeit, so lautet die in den Lehrbüchern übliche Fassung für diese Regel. Daß Zinkpulver leichter von Säuren gelöst wird wie granuliertes Zink, erscheint selbstverständlich und keiner besonderen Betonung wert. Und doch widerspricht es, „genau genommen“, der oben genannten Fassung über die Wirkung der Konzentration, da die molekulare Konzentration des granulierten Zinks größer ist als die des gepulverten. Man muß diese Fassung auf flüssige oder gasförmige Stoffe beschränken oder aber die erhöhte Reaktionsgeschwindigkeit auf eine Steigerung der wirksamen molekularen Berührungsflächen zurückführen. Damit würde gleichzeitig die physikalische Beschaffenheit der wirksamen Stoffe, die von so ungeheurer Bedeutung für den Verlauf der Reaktion ist und die oft als selbstverständlich kaum erwähnt wird, entsprechend hervorgehoben. Aus der Größe der wirksamen Oberfläche erklärt sich ebenso die ungeheuer rasch verlaufende, daher explosive Verbrennung eines Wasserstoffluftgemisches wie die eines Kohlenstaub- oder Ölstaubluftgemisches. Dagegen scheint bei gasförmiger Beschaffenheit eines reagierenden Stoffes die Regel nicht zu passen, da je größer das Volumen, also die Oberfläche des Gases, desto langsamer seine chemische Wirkung ist. Es handelt sich aber nicht um die Gesamtoberfläche des Gases, sondern um die wirksame Oberfläche, d. i. die molekulare Oberfläche desselben, die natürlich um so größer ist, je konzentrierter, dichter das Gas in Wirkung tritt. Ebenso spielt bei Ionenreaktionen nur die Oberfläche der Ionen eine Rolle (siehe auch *diese Zeitschr. I. S. 34. 1915*).

Die Hervorhebung des Einflusses der wirksamen Oberfläche gewährt uns auch einen didaktischen Vorteil für das Verständnis des Massenwirkungsgesetzes. Während man den Einfluß der Temperatur auf den Verlauf chemischer Vorgänge schon in dem biologischen Unterricht der Unterklassen erfahren kann — ich meine damit z. B. die verschiedene Lebhaftigkeit der Lebensvorgänge der Amphibien oder Fische bei kalter und warmer Witterung —, während die Wirkung der Temperatur und Konzentrationsänderungen der Stoffe durch die leichtest ausführbaren Schülerversuche klar gemacht werden können, wird das Verständnis dafür, daß außer der Natur des Stoffes auch dessen wirksame Menge von Bedeutung werden kann, nur schwer im elementaren Unterricht zu erreichen sein. Auch in den Oberklassen wird gerade diesem Gesetz wenig Verständnis entgegengebracht. Bringt man das Massenwirkungsgesetz als Lehre von der Wirkung größtmöglicher Reaktionsflächen, so dürfte die Einführung des Gesetzes erleichtert werden. Daß Eisenoxyd mittels eines kontinuierlichen Wasserstoffstroms vollkommen reduziert wird, obwohl die Gegenreaktion zu einem chemischen Gleichgewicht führen müßte, erklärt sich durch die „praktisch“ unendlich große wirksame Oberfläche des strömenden Wasserstoffs gegenüber der geringen Oberfläche des Eisenoxydpulvers.

In dieser Form kann die Lehre von der Steigerung der Wirkung mit der Vergrößerung der wirksamen Oberfläche auch überall in der Biologie Verwendung finden, spielt doch die wirksame Oberfläche auch bei allen Lebensvorgängen eine ungeheure Rolle. Ich denke dabei z. B. an die Atmungs- und Stoffwechselfvorgänge im Tier- und Pflanzenreich; es handelt sich hier immer wieder um Lebensvorgänge, die auf chemische Reaktionen zurückführbar sind. — Umgekehrt ist auch aus den Erfahrungen der Biologie manches über den Verlauf chemischer Reaktionen abzuleiten, wenn man den Weg einschlagen will, wie er in den neuesten Lehrplänen für bayrische Mittelschulen zum Ausdruck kommt, wo sich an die Lehre vom Menschen eine propädeutische Einführung in die Chemie anschließen soll. Die lebhaft bewegliche im Fieberzustande dürfte für den Einfluß der Temperatur ebenso belehrend sein wie der anatomische Vergleich der Atmungs- und Verdauungsoberflächen des Menschen mit denen von früher besprochenen Vertretern der Tierwelt.

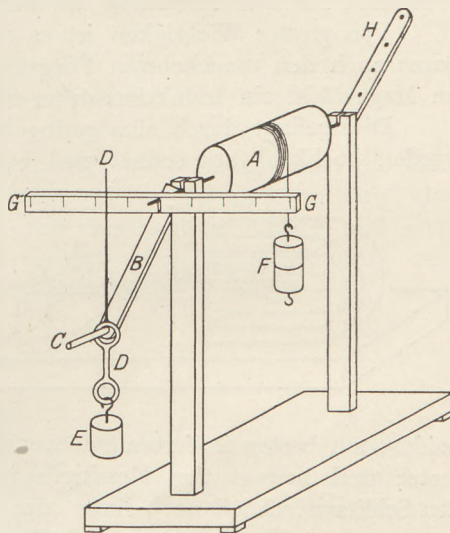


## Kleine Mitteilungen.

### Apparat zur Veranschaulichung der Kurbelmomente.

Von Prof. Dr. **Friedrich C. G. Müller** zu Brandenburg a. H.

Auf dem vorderen Drehzapfen der Holzwelle *A* von 2 cm Halbmesser ist der Kurbelarm *B* von 8 cm Länge mit dem Kurbelzapfen *C* festgelötet. An letzterem wirkt das Gewicht *E* mittels eines Zeigers *D* aus Aluminiumblech. Diesem Drehungsmoment wird durch das einer Last *F* an der Welle *A* das Gleichgewicht gehalten. Der Arm *K* auf dem hintern Drehzapfen soll als Gegengewicht der Kurbel und gelegentlich auch als Hebel dienen. An einem auf dem etwas vorragenden Drehzapfen gehängten Holzmaßstab *G*, dessen grobe Hauptteilung einen dem Wellradius gleichen Strichabstand von 2 cm hat, wird durch die geschwärzte Zeigerspitze *D* die Länge des Momentenarms in Vielfachen des Wellradius ersichtlich. Sei *F* beispielsweise 200 g und *E* 100 g, so wird sich die Kurbel selbsttätig unter einem Winkel von  $60^{\circ}$  einstellen und der Zeiger auf 2. Die Wirkungsweise und Verwendung der auch von Schülern leicht und fast kostenlos herzustellenden Vorrichtung bedarf keiner weiteren Erläuterung.



### Die Voltaschen Grundversuche mit dem gewöhnlichen Aluminiumblattelektroskop ohne Kondensator.

Von Dr. **Enders** zu Kassel.

Da das Elektroskop für geringe Spannungen unempfindlich ist, vergrößerte ich die Spannung durch Aufladen des Gehäuses auf  $-110$  Volt. Das Blättchen war zunächst geerdet. Wurde nun zwischen Blättchen und Erde das galvanische Element geschaltet, so bewirkte die Spannungsänderung eine Änderung des Ausschlags von ca. 0,1 mm für 1 Volt, in der Projektion 2—5 cm für 1 Volt. Die Biegung des Blättchens geschieht äußerst gleichmäßig, so daß man die  $\frac{3}{4}$  Volt des Voltaschen Elements noch gut beobachten und mit den Spannungen anderer Elemente vergleichen kann. Dagegen versagen Elektroskope, deren Blättchen sich um Achsen drehen, da die Bewegungen ruckweise erfolgen. Das Gehäuse wird zur Vermeidung von Störungen durch Influenz bis auf den Lichtspalt mit Stanniol bedeckt, und sein Potential wird durch Anschluß an die Starkstromleitung oder an eine gut isolierte Kapazität konstant gehalten. Ist Kurzschluß im Elektroskop zu befürchten, so schließt man die Starkstromleitung mittels eines Halbleiters an, man muß dann aber das Gehäuse gegen die Tischplatte genügend isolieren. Die 200—500fache Vergrößerung erhielt ich durch ein gewöhnliches Projektionsobjektiv von 16 cm Brennweite, welches ein Bild kurz vor dem Brennpunkt eines in 5 m Entfernung stehenden Hohlspiegels erzeugte; dieses wurde auf der gegenüberliegenden Wand in etwa 6 m Entfernung mittels des Spiegels nochmals abgebildet. Das Licht wird so weit abgeblendet, daß nur das untere Ende des Blättchens beleuchtet wird, sonst wird das Elektroskop zu warm und das Blättchen pendelt.

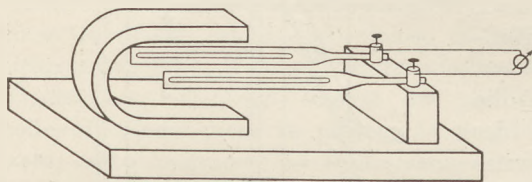
## Der Induktionsstrom als Umkehrung der mechanischen Wirkung eines elektrischen Stromes.

Von Dr. **E. Boehm** zu Hamburg.

Der von J. Kleiber in dieser Zeitschrift (*XXVII*, 293) angegebene Apparat zur Demonstration der Bewegung eines Stromleiters im Magnetfeld als Urform des Elektromotors eignet sich wegen seiner Einfachheit und Durchsichtigkeit ganz außerordentlich für den Unterricht auf der Unterstufe.

Von großer Wichtigkeit ist es aber offenbar, den Schülern an demselben Apparat auch den umgekehrten Vorgang zu zeigen, daß durch Bewegung eines Leiters im Magnetfeld ein Induktionsstrom erzeugt wird.

Dies gelingt durch eine geringe Abänderung des Apparates. Die Messingschienen werden hochkant angeordnet und beide zwischen den Magnetpolen mit einem unge-



gefähr 10 cm langen und 3,5 mm breiten Schlitz versehen, in denen der Läuferdraht bequem entlangrollen kann. Als beweglichen Leiter benutzt man einen ungefähr 3 mm starken und 12 cm langen Messingdraht, der mit einem Handgriff aus Glas versehen ist. Verbindet man nun die

beiden, am besten isolierten Schienenklemmen mit einem empfindlichen Spiegelgalvanometer und bewegt den Messingdraht unter leichtem Druck gegen die Schienen in den Schlitz schnell nach links oder rechts, so zeigt das Galvanometer deutlich entgegengesetzte Stromstöße an. Bedingung für Gelingen des Versuchs ist Blankhalten des beweglichen Leiters und der Schlitzes. Zur Erzeugung des Magnetfeldes wurden 3 nebeneinander angeordnete Hufeisenmagnete aus alten Telephoninduktoren von je 8 cm Schenkellänge, 2 cm Breite und 4,5 cm Schenkelabstand benutzt.

Der Apparat wird von der Firma Peter Stenzel, Hamburg 23, Wandsbecker Chaussee 151, mit allem Zubehör zum Preise von M. 25,00 hergestellt.

## Ein einfacher Apparat zur Molekulargewichtsbestimmung von Gasen.

Von Oberlehrer **L. Trinkwaller** in Bromberg.

Die Bestimmung einer Anzahl von Molekulargewichten möglichst nach verschiedenen Methoden gehört zu den dankbarsten Aufgaben des chemischen Unterrichts, weil erst durch solche Bestimmungen der Begriff des Molekulargewichts für den Schüler Sinn und Klarheit bekommt. Da die Ermittlung des Molekulargewichts eines Gases unter Benützung des Satzes: „Die Mole aller Gase nehmen bei 0° und 760 mm Druck den Raum von 22,4 l ein“, im wesentlichen auf die Wägung eines Gasvolumens hinausläuft, bereitet sie dem Verständnis keine Schwierigkeiten. Man verwendet zu solchen Bestimmungen wohl eine Glaskugel, die mit 2 durch Hähne verschließbaren Rohransätzen versehen ist, oder auch eine Glaswalze, wie sie Scheid in seinem Vorbereitungsbuch S. 188 beschreibt.



Ich verwende hierfür einen Apparat, den man sich billig, einfach und in beliebiger Anzahl aus den gewöhnlichen Laboratoriumsbeständen herstellen kann, und der sich deswegen auch zur Verwendung in Schülerübungen sehr gut eignet. Er besteht aus einem  $\frac{1}{2}$  l-Kolben und dem Verschuß. Letzterer besteht aus Gummistopfen *K* mit Glasröhre (s. Figur), die unmittelbar an der unteren Fläche des Stopfens endigt, und einem auf der Röhre sitzenden Bunsenventil, d. h. einem etwa 5—6 cm langen engen Gummischlauch, der am äußeren Ende durch ein kurzes Glasstäbchen verschlossen



ist, und der in der Mitte zwischen Röhre und Stäbchen einseitig einen etwa 1 cm langen Schlitz  $S$  aufweist. Das Bunsenventil dient zum Druckausgleich beim Aufsetzen des Verschlusses auf den mit Luft bzw. Gas gefüllten Kolben. Smith-Haber verwenden in dem sehr empfehlenswerten Werkchen: „Praktische Übungen zur Einführung in die Chemie“ S. 88 als Kolbenverschluß bloß einen Stopfen. Doch wird dabei das Gas beim Aufsetzen des Stopfens etwas zusammengepreßt, ein Nachteil, der durch das Bunsenventil vermieden wird.

Die Bestimmung umfaßt folgende Operationen:

1. Wägung des luftgefüllten Apparates:  $G_1$ .
2. Wägung des mit dem Gas gefüllten Apparates:  $G_2$ .
3. Bestimmung von Temperatur ( $t^0$ ) und Barometerstand ( $p$  mm).
4. Bestimmung des Volumens des Kolbens =  $v$  ccm.

Hat man den luftgefüllten Apparat gewogen ( $G_1$ ), so verdrängt man die Luft durch das Gas, setzt rasch den Verschluß auf, wägt wieder ( $G_2$ ) und verdrängt das Gas durch Luft. Dann füllt man den Kolben mit destilliertem Wasser und setzt den Verschluß abermals auf. Dabei hat man darauf zu achten, daß unter dem Stopfen keine Luftblase bleibt. Das Volumen des Kolbens ( $v$ ) ermittelt man, indem man das Wasser in einen Meßzylinder gießt.

Das Volumen  $v$  wird reduziert:

$$v_0 = \frac{p \cdot v}{p_0(1 + \alpha t)},$$

dann ist das Gewicht der Luft:  $G_3 = v_0 \cdot 0,001293$  g

$$G_1 - G_3 = \text{Gewicht des luftleeren Apparates } (G_4),$$

$$G_2 - G_4 = \text{Gewicht des Gases } (G_5).$$

Bezeichnet man das gesuchte Molekulargewicht mit  $M$ , so erhält man:

$$v_0 : 22400 = G_5 : M,$$

$$\text{bzw. } M = \frac{G_5 \cdot 22400}{v_0}.$$

Im allgemeinen behalten wohl  $p$  und  $t$  während der Versuchsdauer denselben Wert, dann ist auch  $v_0$  für Gas und Luft gleich. Bei etwaiger Änderung einer oder beider Größen muß natürlich  $v_0$  für Gas und Luft besonders errechnet werden. Das zu untersuchende Gas muß völlig rein und trocken sein. Es sind also in jedem Falle die geeignetste Darstellungsmethode, sowie die besten Wasch- und Trockenmittel zu wählen. Das Einfüllen von Gas und die Wägung  $G_2$  müssen bei sorgfältiger Arbeit bis zur Feststellung der Gewichtskonstanz wiederholt werden. Meistens wird aber ein mehrere Minuten dauerndes Einleiten von Gas und rasches Aufsetzen des Verschlusses (um Zutritt von Luft zu verhindern) die wiederholte Wägung überflüssig machen.

### Beispiele.

#### 1. Kohlendioxyd.

Beobachtung: $p = 760$ mm,	Berechnung: $v_0 = 563,8$ ccm,
$t = 17,5^0$ ,	$G_3 = 0,729$ g,
$G_1 = 97,1$ g,	$G_4 = 96,371$ g,
$G_2 = 97,485$ g,	$G_5 = 1,114$ g,
$v = 600$ ccm,	$M = 44,26$ (tatsächlich 44).

#### 2. Schwefeldioxyd.

Beobachtung: $p = 766$ mm,	Berechnung: $v_0 = 567,2$ ccm,
$t = 18^0$ ,	$G_3 = 0,733$ g,
$G_1 = 97,2$ g,	$G_4 = 96,467$ g,
$G_2 = 98,07$ g,	$G_5 = 1,603$ g,
$v = 600$ ccm,	$M = 63,3$ (tatsächlich 64).

## Für die Praxis.

**Zwei Beobachtungen aus dem Felde.** Von Dr. Karl Strauß, München (zur Zeit im Heeresdienst). 1. Die Tätigkeit des Nervs, der die Akkommodation des Auges besorgt, läßt sich auf einfache Weise subjektiv beobachten und zum Gegenstand eines Schülerversuchs machen. Man beobachte durch ein ca. 25—30 cm vors Auge gehaltenes Netz aus dünnen Fäden und Maschen (Vorhang oder Heizgitter) einen entfernten Gegenstand (Haus über der Straße) und fasse hierauf möglichst rasch das Netz selbst ins Auge. Es erscheint im ersten Augenblick verschwommen; erst nach merklicher wenn auch kurzer Zeit stellt sich die gewohnte Bildschärfe ein. 2. Folgende Wahrnehmung läßt sich vielleicht als qualitativer und quantitativer Versuch zur Feststellung der Schallgeschwindigkeit ausbauen. Ich saß am Telephon im Fernsprecherunterstand, verbunden mit dem Bahnhofvorstand der Bahn Nisch-Saloniki, die ca. 1 km entfernt vorüberfährt. Mitten im Gespräch hörte ich aus dem Telephon den in Serbien gerne gehörten Pfiff der Lokomotive, kurz darauf nochmals in anderer Stärke den gleichen Ton, diesmal natürlich unmittelbar durch die Lücken meines nicht allzudichten Unterstandes.

**Ersatz für Mattscheiben.** Von Prof. A. Kistner in Karlsruhe i. B. Die in Jahrg. 28, S. 203 empfohlenen sehr dünnen, mit fluoreszierender Flüssigkeit gefüllten Küvetten müssen, wie Herr Dr. Heussel betont, nach Gebrauch stets wieder getrocknet werden und dürfen nicht gefüllt stehen bleiben. Diese Übelstände machen sich namentlich fühlbar, wenn man die Küvetten in mehreren Stunden benötigt. Es empfiehlt sich dann ein ähnliches, aber erheblich bequemes Hilfsmittel. In einem halben Liter kochenden Wassers, dem etwas Eosinlösung zugesetzt ist, löst man etwa 5 g weiße Gelatine auf und taucht dünne Glasplatten (sog. Salinglas, in photographischen Geschäften käuflich), die man zuvor gut gereinigt hat, für einige Augenblicke in die noch heiße Flüssigkeit, läßt sie abtropfen und stehend trocknen. Die so gefärbten Platten ersetzen die genannten Küvetten, können aber auch, was manchmal praktisch ist, in schräger und wagrechter Stellung benutzt werden. Zum Schutz der Platten (und Finger!) empfiehlt sich eine Umrahmung mit Klebband (diese Zeitschr. 27, S. 174) oder — einfacher und billiger — mit gummierten schwarzen Papierstreifen (Einfassband für Diapositive). Die angegebene Flüssigkeitsmenge reicht für sehr viele Platten aus, wie sie namentlich bei Schülerübungen erwünscht sein werden. Die zweckmäßigste Färbung der Gelatinelösung findet man rasch durch allmähliches Zugießen einiger Kubikzentimeter einer starken wässerigen Eosinlösung. Übrigens lassen sich zu schwach geratene Platten leicht nachfärben. Da man auf die fertigen Platten mit Tinte schreiben kann, lassen sich leicht Millimeterteilungen anbringen, die namentlich zur Bestimmung der Größe von Linsenbildern usw. gute Dienste leisten.

**Demonstrationsversuch mit Wechselstrom.** Von Dr. E. Günther in Dresden. Zu der Abhandlung von B. Reismann über Einfache Demonstrationsversuche mit Wechselstrom (diese Zeitschr. 29. S. 19) erlaube ich mir folgende Bemerkung: Die Demonstration der Sinuslinse durch eine mit Wechselstrom beschickte Glühlampe gelingt auch objektiv recht schön; ich pflege diese Demonstration im Unterricht regelmäßig neben der Braunschen Röhre und neben der schönen, von Fricke (diese Zeitschr. 29. S. 11) angegebenen Anordnung zu verwenden. Die Lichtstärke des Kohlefadens ist hinreichend, um am Wandschirm im Abstände von 3 m eine von allen Plätzen des Lehrzimmers aus sichtbare Sinuslinse mit einer Amplitude von etwa 15 cm zu erzielen; der Spalt, der den Lichtpunkt ausblendet, darf freilich nicht zu eng genommen werden. Daß man durch die beiden Schleifen des Glühfadens zwei Sinuskurven erhält, stört nicht wesentlich; auch kann man die eine leicht abblenden.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Erzeugung intensiven Natriumlichtes.** Von R. W. WOOD (*Phil. Mag.* [6], 27, 530—531, 1914). Auf den Rost eines Meckerbrenners legt man ein kleines Stück eines Glühstrumpfs und auf dieses ein paar Stückchen geschmolzenen Kochsalzes. Wird der Brenner angezündet, so erscheint sogleich eine überraschend helle Flamme. Das Natriumlicht verdampft so rasch, daß von der Flamme Rauchwolken aufsteigen. Die Helligkeit der Flamme steht in den hellsten Teilen derjenigen einer mit Kochsalz gespeisten Knallgasflamme nicht nach. Die Wirkung des Glühstrumpfstückes besteht darin, das Chlorid auf eine große Fläche mit sehr geringer Wärmekapazität auszubreiten, so daß es leicht auf die Temperatur der heißesten Flammteile gebracht werden kann. Das Chlorid schmilzt und der Glühstrumpf wirkt wie ein Lampendocht. P.

**Die elektrische Energie des Gaselements.** J. MATUSCHEK, Wien, beschreibt in den *Wiener Vierteljahrsberichten 1915, Heft 3* die folgenden Demonstrationsversuche. Bei Verwendung von Kohlenelektroden zur sogen. Elektrolyse des Wassers absorbieren diese im Anfang Wasserstoff und Sauerstoff und geben beim Unterbrechen des Prozesses den Polarisationsstrom. Es gelingt nun, die Absorption größerer Mengen der Gase herbeizuführen, wenn die Elektroden bei hinreichender Dichte neben amorphem Kohlenstoff noch etwas Graphit enthalten. Als Elektrolyt dient zweckmäßig eine Lösung von 1 Teil Ätznatron auf 15 Teile Wasser. Als Stromquelle benutzt man zwei hintereinander geschaltete Leclanché-Elemente. Läßt man diese einige Minuten lang wirken und verbindet dann die Kohleplatten mit einer elektrischen Klingel, so beginnt diese zu läuten; die Spannung des Gaselements beträgt 1,3 Volt. Daß die elektrische Energie nicht von den adhärenenden Gasen herührt, kann man dadurch zeigen, daß man die Elektroden vor dem Einschalten in den Stromkreis der Klingel mit Wasser abspült. Denselben Versuch kann man auch machen, wenn man die negative Elektrode durch ein gewöhnliches reines Eisendrahtnetz ersetzt, da das Eisen (ebenso wie Palladium) die Eigenschaft hat, Wasserstoff in beträchtlicher Menge zu absorbieren. Die Spannung des Polarisationsstroms beträgt ebenfalls 1,3 Volt. P.

**Die gefahrlose Sauerstoffdarstellung aus Kaliumpermanganat.** Von OTTO OHMANN. Mehrfachen Wünschen entsprechend, geben wir die Hauptpunkte der schon vor einiger Zeit in den

„Monatsheften“ (VI. Bd., 1913, 12. Heft, S. 571/576) erschienenen Arbeit wieder.

1. Bemerkungen zur Sauerstoffdarstellung überhaupt. Die althergebrachte Sauerstoffgewinnung aus Kaliumchlorat und Braunstein als Katalysator, die früher für einzelne Sauerstoffversuche und mehr noch zum Füllen des Gasometers unentbehrlich war, hat an Bedeutung stark abgenommen, seitdem die Stahlflasche mit komprimiertem Sauerstoff im Handel erschienen ist und die Technik der Sauerstoffgewinnung im großen, besonders aus flüssiger Luft, so außerordentliche Fortschritte zu verzeichnen hat. Die Stahlflaschen sind jetzt so verbilligt, daß es wohl keine Realvollanstalt mehr gibt und wohl nur noch wenige Realschulen, Gymnasien und Lehrerseminare, in denen die Sauerstoffflasche nicht zum eisernen Bestand der Laboratoriumsapparate gehörte. Verfasser dieser Zeilen ist aber in seinem Unfallbüchlein<sup>1)</sup> lebhaft dafür eingetreten, daß auch jede Volksschule sich in den Besitz einer kleinen Sauerstoffflasche setzen solle. Ist sie doch nicht nur für die chemischen Sauerstoffversuche allein, sondern auch für verschiedene physikalische Demonstrationen und vor allem auch für wichtige Erläuterungen in sozialer Hinsicht vorzüglich verwertbar, wie a. a. O. näher dargelegt ist. Der für diese Schulen geeignete Typ von 250 l Inhalt — der von der „Berliner Sauerstofffabrik“ (Berlin N, Tegelerstraße 15) jetzt zum Preise von 20 M. geliefert wird — ist auf Veranlassung des Verf. im Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht, und zwar in der Abteilung „Chemie“, aufgestellt<sup>2)</sup>. Das vielbelobte, aber teure Reduzierventil ist für einfachere Verhältnisse entbehrlich. Das Schraubenventil der Flasche läßt sich bei einigermäßen

<sup>1)</sup> Die Verhütung von Unfällen im chemischen und physikalischen Unterricht (Berlin, Winkelmann & Söhne) 1912. 2. Aufl. 1914.

<sup>2)</sup> Es ist Verf. gelungen, für den erwähnten Typ für Volksschulen noch einige Verbilligungen zu erwirken. Der Preis für ein Schlauchansatzstück beträgt 2,00 M., für einen Sechskantschlüssel 1,00 M., für 1 m Gummischlauch bester Qualität 2,50 M., für die Füllung 1,50 M. Die Versendung nach außerhalb erfolgt einfach per Fracht, ohne Kiste (nur die kleinste Nummer zu 125 l erfordert eine [stabile] Kiste [Preis 1 M.]). Bei Rücksendung der Stahlflasche behufs Füllung empfiehlt sich auf dem Frachtbrief der Vermerk „Leere, gebrauchte Emballage“.

geschickter Hand und nach geringer Übung so langsam andrehen, daß man einen Gasstrom von beliebiger Stärke entnehmen kann, der sich durch Vorschaltung einer Woulfeschen Flasche regulieren läßt.

Bis aber überall, wo chemischer Unterricht erteilt wird, eine Sauerstoffflasche zur Verfügung steht, wird noch oft genug die chemische Darstellung, insbesondere wohl die oben erwähnte aus Kaliumchlorat, Platz greifen. Diese ist jedoch immer etwas heikel und hat oft zu Explosionen geführt. Die vielfach berichteten Unfälle sind gewiß nicht immer auf ungeschickte Handhabung, sondern auch auf ungeeignetes Material zurückzuführen. Und zwar liegt der Fehler nicht nur beim Braunstein, wie in den Handbüchern der Technik meist nur angegeben wird, sondern auch beim Chlorat. Es sollte niemals das gewöhnliche *crystallisatum* verwendet werden — letzthin wurde uns von der Fabrik ein Material mit festen Krystallaggregaten bis zu Linsengröße geliefert, mit dem man schlechte Erfahrungen hätte machen können —, sondern nur das (wenig teurere) *feinschuppige purissimum crystallisatum* nach Vorschrift des D. A. B. 5. Ein wenig zu allgemeinerer Kenntnis gelangter Unfall ereignete sich im Jahre 1913 in Darmstadt in einer Mädchen-Mittelschule. Nachdem dort einmal bei dieser Sauerstoffdarstellung eine Glasretorte explodiert war, wollte man ganz sicher gehen und beschaffte eine gußeiserne Retorte. Der Versuch war vorbereitet, zwei Mädchenklassen waren vereinigt, außer dem experimentierenden Lehrer wohnten eine Lehrerin und der Leiter der Anstalt der Lehrstunde bei. Nach einiger Zeit der Erhitzung, als der Fußzylinder etwa ein Drittel mit Gas (bzw. Luft) gefüllt war, erfolgte eine furchtbare Explosion, die das Lehrzimmer in Staub hüllte. Der vor der Schultafel sitzende Leiter der Anstalt wurde vom Katheder herabgeschleudert, da neben ihm ein Stück der zerplatzten Retorte die Wandtafel zerschmettert hatte, erholte sich jedoch bald wieder; der Lehrer wurde nicht schwer verletzt, erhielt aber ebenso wie die Lehrerin einen Nervenchock. Ferner wurden drei Schülerinnen verletzt, zwei nur unbedeutend, die dritte, ziemlich entfernt sitzende dagegen so schwer (am Kehlkopf, an der Speiseröhre und am Schlüsselbein), daß sie nach wenigen Tagen verstarb.

Es liegt nicht in der Absicht, alle Kautelen der Sauerstoffdarstellung aus Kaliumchlorat hier durchzugehen. Nur auf einen Punkt sei hingewiesen. Immer noch wird nicht genügend berücksichtigt, daß die Zersetzung des Chlorates phasenweise ein exothermischer Vorgang ist.

Bei dem Austreten von Energie, das sich als plötzliche Steigerung der Gasentwicklung zu erkennen gibt, ist es daher durchaus erforderlich, für einige Zeit die Wärmequelle ganz zu entfernen. Man läuft sonst Gefahr, die stürmisch den Ausgang suchenden Gasmassen durch weiter zugeführte Wärme in einen solchen Zustand der Spannung zu versetzen, daß sie nicht schnell genug entweichen können: die Retorte muß zerplatzen. Dem Versäumen dieser Maßregel sind die meisten Unfälle zuzuschreiben.

Angesichts der vorgekommenen Unglücksfälle und der Tatsache, daß die Entwicklung immer mit einem gewissen Maß von Unfallmöglichkeiten verknüpft ist, ist es gerechtfertigt, ja geboten, sich besonders für alle einfacheren Verhältnisse nach einer Darstellungsweise umzusehen, die derartige Unfälle überhaupt ausschließt. Als solche bietet sich die nachfolgende Entwicklung dar.

2. Die Sauerstoffentwicklung aus Kaliumpermanganat. Die Reaktion, daß übermangansaures Kalium schon bei mäßigem Erwärmen einen Teil seines Sauerstoffs abgibt, ist längst bekannt. Aber in keiner der größeren Techniken findet man das Salz angeführt als Grundlage für eine eigentliche Sauerstoffdarstellung. Nur in dem trefflichen „Experimentierbuch“ von K. KRAUS fand Verf. eine kurze empfehlende Notiz darüber. Der Grund, daß diese Darstellungsweise sich bisher nicht eingebürgert hat, ist leicht einzusehen: Das Verfahren erscheint nicht rationell. 10 g Kaliumchlorat liefern praktisch etwa 3 l Sauerstoff, 50 g würden  $\sim 15$  l geben; 50 g Permanganat liefern aber nur wenig mehr als  $4\frac{1}{2}$  l Sauerstoff. Zudem war dieses Salz bis vor kurzem teurer als das Chlorat — kein Wunder, daß man von seiner Verwertung für den genannten Zweck absah.

Fällt aber der Preisunterschied für die wenigen Liter Sauerstoffgas, die man zu den ersten Sauerstoffversuchen braucht, wirklich ins Gewicht? Zunächst ist jetzt das Kaliumpermanganicum der Handlungen so verbilligt, daß 1 kg des besten krystallisierten Salzes von den großen Fabriken wie Kahlbaum oder Schering schon zu 1,10—1,20 M. geliefert wird<sup>3)</sup>. Damit hat jetzt das Permanganat genau denselben Preis wie das Chlorat. Begnügt man sich mit der Darstellung von 5 l — womit sich schon eine ansehnliche Reihe von Versuchen ausführen läßt —, so betragen die Kosten an Salz kaum 6 Pf. Ist dieser Preisunterschied gegenüber dem

<sup>3)</sup> Die Firma P. Altmann, Berlin NW, Luisenstr. 47, liefert ebenfalls die Kahlbaumschen Präparate zu Originalpreisen.

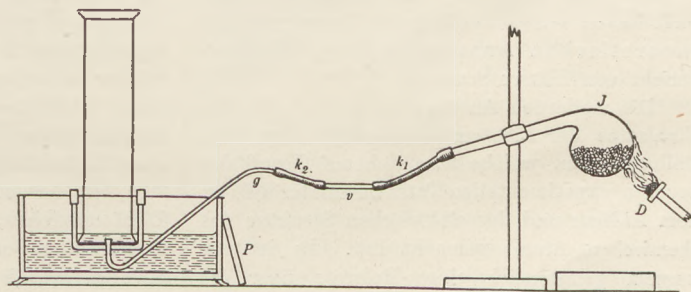


Chloratversuch, zu dem auch noch die Kosten des Braunsteins hinzukommen, nennenswert? Wir begnügen uns aber nicht mit diesem Vergleiche, sondern setzen noch andere Faktoren in Rechnung. Da zur gehörigen Ausnutzung des Kaliumchlorats schließlich, zur Zersetzung des entstehenden Perchlorats, ein erhebliches Erhitzen nötig ist, so hält eine Glasretorte nur wenige, zuweilen nur eine Entwicklung aus. Bei der Darstellung aus Kaliumpermanganat kann man aber dieselbe Retorte ganz unbedenklich nicht nur zum zweiten Male, sondern zum 10. und 20. Male wieder verwenden. — Es kommt schließlich noch eins hinzu. Es ist nicht gleichgültig, ob man einen längeren Versuch auszuführen hat, bei dem viel Vorsichtsmaßregeln zu beachten sind, oder einen, bei dem dies gar nicht der Fall ist. Auch der Verbrauch an Nervenenergie ist in Rechnung zu stellen. Berücksichtigt man all diese Punkte, so darf man die Darstellung des Sauerstoffs aus Kaliumpermanganat nicht mehr als nichtrationell bezeichnen, sie ist, unter der Voraussetzung, daß es sich um die Darstellung kleinerer Mengen handelt, geradezu rationeller als die aus Kaliumchlorat.

Man verwendet eine Retorte aus Jenaer Glas — 250 ccm, Preis 0,40 M., oder auch 125 ccm (nominell „100 ccm“) —, in die man 50—60 g der centimeterlangen Krystalle des Salzes schüttet. Durch Ausmessen aller zu füllenden Gefäße — mit der Litermessur eine einfache Arbeit, da man doch alle Gefäße mit Wasser füllen muß — kann man vorher bestimmen, wieviel Salz man braucht; 50 g Kaliumpermanganat geben in der Regel  $\sim 4,6$  l Sauerstoff. Die für die meisten Versuche sehr zweckmäßige Weite der Jenaer Retorte (*J*, s. Abb.) erfordert für unseren Versuch meist noch die Zwischenschaltung eines kurzen Verbindungsstückes *v*, dessen Weite die Mitte hält zwischen der Weite des Retortenhalses und der Weite des Gaseinleitungsrohres *g* (äußerer Durchmesser 8 mm, innerer 6 mm); *k*<sub>1</sub> ist demgemäß ein etwas weiteres, *k*<sub>2</sub> ein gewöhnliches Schlauchstück. Bei Anwendung der kleineren Retorte kann diese gewöhnlich direkt mit *g* verbunden werden. — Will man nun die unten angegebene quantitative Ausnutzung des Versuches vornehmen, so tariere man nach dem Einfüllen der Krystalle *J* samt *k*<sub>1</sub>, *v* und *k*<sub>2</sub> auf der Wage ab. — Das Erwärmen geschieht am besten mit einem Muenckeschen Drahtnetz-

brenner *D*, und zwar freihändig, zuerst mit bewegter (fächernder) Flamme; man erhitze zuerst seitlich, d. h. die oberen Randpartien des Inhaltes, und erst ganz zuletzt direkt von unten. Die Entwicklung geht glatt von statten, eine Phase des Stürmens wie beim Chloratversuch findet nicht statt. Durch mitgerissene kleinste Teilchen der zersetzten Krystalle erscheint das Gas zuweilen in ähnlicher Weise schwach violett gefärbt, wie es bei der Entwicklung aus dem Chlorat (durch mitgerissene Chloridteilchen) weißlich getrübt erscheint. Beim Stehen der Gefäße verliert sich diese Färbung bald. Alle Gefäße müssen vorbereitet und mit Wasser gefüllt sein (auch ein Gefäß zum Abschöpfen der sich bald füllenden Gaswanne bereit stehen) und nacheinander mit Gas gefüllt werden, da ein Unterbrechen des Versuches nicht ratsam ist.

3. Die weitere, insbesondere quantitative Verwertung des Versuches. a) Hatte man das oben erwähnte Abtariieren vorgenommen, so legt man wiederum *J* bis *k*<sub>2</sub> auf die Wage und stellt den Gewichtsverlust fest. Er ist erheblich. Nur gering ist das Gewicht der in den Schlauchstücken und dem Glasrohr *v* abgesetzten festen Teilchen; minimal (aber doch erwähnenswert) ist daher die Fehlerquelle der weiterhin mitgerissenen Teilchen, die das Gas und das Wasser schwach färbten. Bei 50 g Permanganat



und 4,6 l entwickeltem Sauerstoff betrug der Gewichtsverlust rund  $6\frac{1}{2}$  g. Das gibt, da die Zimmertemperatur  $17\frac{1}{2}^{\circ}$  und der Barometerdruck wenig unter normal war, eine leidliche Zahl, aus der sich die genaue Zahl 1,429 g u. n. B. durchaus glaubhaft machen läßt. Da bei einfacheren Verhältnissen eine Gaswägung sonst kaum möglich ist, so dürfte dieser Versuch eine erwünschte Gelegenheit sein, einen bestimmten Begriff von der Schwere eines Gases zu geben. b) Wird der Versuch in einer Realvollanstalt bei der Durchnahme der Manganat bzw. des Mangans vorgenommen, so lassen sich auch noch Demonstrationen über das Restprodukt anschließen. Leicht läßt sich z. B. beim Einschütten eines Teiles der zersetzten

grünlichen Masse in wenig Wasser die grüne Auflösung bzw. die Bildung von Kaliummanganat nachweisen, an dessen Lösung man dann weiter — durch Zusatz von Wasser oder bei längerem Stehenlassen — die bekannten Wandlungen, den Übergang in Rot, d. h. die partielle Rückbildung von Permanganat usw., erläutern kann. c) Über die praktische Verwertung der Restmasse wurde ebenfalls eine Reihe von Versuchen angestellt. Es lag nahe, sie als Ersatz des Braunsteins bei der Sauerstoffdarstellung aus dem Chlorat zu verwenden — es fielen dann die lästigen Prüfen des Materials fort. Die Versuche ergaben bis jetzt ein günstiges Resultat, indem eine entschieden ruhigere, vielleicht nicht so ausgiebige Gasentwicklung erzielt wurde, so daß sich die Masse als indifferenten Zusatz zum Kaliumchlorat mindestens ebensogut eignet wie das seinerzeit von LANDOLT empfohlene Kaliumchlorid. Inwieweit sich die stark braunsteinhaltige Restmasse als Katalysator besser oder weniger gut eignet als der Braunstein allein, darüber sind die Versuche noch nicht abgeschlossen.

Schlußbemerkungen. Nach Abschluß aller Versuche leite man Wasser in die Retorte

oder schütte den erkalteten Inhalt, falls man ihn weiter verwenden will, völlig in eine Porzellanschale — oder in ein anderes Gefäß zur ev. Aufbewahrung —, vermeide aber bei diesem Ausschütten das Einatmen der sich verbreitenden, wenn auch unsichtbar bleibenden Teilchen: die Krystalle sind in feinsten molekularen Staub zerfallen. Wie bei der Entwicklung aus Chlorat, ist es zweckmäßig, die Schläuche etwas auszuspülen. Desgleichen spüle man die Retorte wiederholt aus und reserviere sie für die nächste Sauerstoffdarstellung.

Diese Entwicklung ist zwar in erster Linie für einfachere Verhältnisse gedacht, um Unfällen möglichst vorzubeugen, braucht aber keineswegs auf diese beschränkt zu werden. Auch den Fachgenossen an gut ausgestatteten Anstalten empfiehlt Verf. diese Art der Darstellung in allen Fällen, wo es sich, etwa beim Versagen der Stahlflasche, um kleinere Mengen des Gases (etwa bis zu 10 l) und nicht gerade um das Füllen eines großen Gasometers handelt — denn auch zur Füllung kleinerer Gasometer kommt diese Art der Darstellung (unter Zwischenschaltung einer größeren Gaswaschflasche) noch in Frage. O.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Lenards Arbeiten zur Phosphoreszenz** (mit besonderer Berücksichtigung seiner theoretischen Anschauungen<sup>1</sup>). Originalbericht von HARRY SCHMIDT.

Die modernen Anschauungen über den Mechanismus der Lichtemission knüpfen an Vorstellungen an, welche man sich auf Grund des neueren experimentellen Tatsachenmaterials von dem Aufbau und der elektrischen Struktur des chemischen Atoms gemacht hat. Es ist vor kurzem gelegentlich eines Referats über die Starksche Elektronentheorie der Valenz an dieser Stelle<sup>2</sup>) ausführlich über dieses Kapitel gesprochen worden, so daß wir uns heute unter Hinweis auf dieses Referat in bezug auf den genannten Punkt kurz fassen können. Als periodische elektromagnetische Schwingungen müssen

die von einem chemischen Atom emittierten Lichtwellen eine elektrische Ladung zum Emissionszentrum haben, und das Vorhandensein solcher elektrischer Ladungen im chemischen Atom bildet demnach den Ausgangspunkt aller Betrachtungen über den Mechanismus irgendeines Lichtemissionsvorganges.

Von besonderem Interesse sind diejenigen Lichtemissionen, die man im Unterschied zu der thermakinen oder reinen Temperaturstrahlung als allaktine oder Lumineszenzstrahlung bezeichnet hat. Speziell die Phosphoreszenzerscheinungen haben von jeher die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gezogen. Ungeheures Beobachtungsmaterial ist da zusammengetragen worden, und keineswegs hat es an Versuchen gefehlt, in dieses mannigfaltige Erscheinungswirrwarr von gewissen theoretischen Gesichtspunkten aus Ordnung und Übersicht hineinzubringen<sup>3</sup>). Jedoch gelang es lange Zeit hindurch nicht, eine Theorie auszuarbeiten, die allen an sie zu stel-

<sup>1</sup>) Die diesem Referat zugrunde liegenden Arbeiten Lenards und seiner Mitarbeiter (sowie auch einiger anderer Autoren) sind am Schluß zusammengestellt. Im allgemeinen ist darauf verzichtet worden, im Text auf dieselben hinzuweisen; es geschah das nur aus besonderen Gründen an einigen wenigen Stellen durch Anführung der eingeklammerten Verzeichnisnummer der betreffenden Arbeit.

<sup>2</sup>) Diese Zeitschr. 29, Heft 2, S. 100 (1916).

<sup>3</sup>) Vgl. diese Zeitschr. 29, Heft 1, S. 40 ff., wo über einen Lumineszenzvortrag von Merritt berichtet wird. Die Lenardschen Forschungen werden in diesem Vortrag recht kümmerlich behandelt; Merritt scheint den grundlegenden Charakter derselben kaum erkannt zu haben.



lenden Anforderungen gerecht wurde<sup>4)</sup>. Es ist das Verdienst von P. Lenard, hier durch eine Reihe bahnbrechender Untersuchungen in mühevoller Arbeit aufklärend gewirkt zu haben.

Beachtenswert ist bei den Lenardschen Arbeiten zunächst der Umstand, daß er seine Untersuchungen — im schroffsten Gegensatz zu allen früheren — an in ihrer chemischen Zusammensetzung wohldefinierten phosphoreszierenden Präparaten, den sogenannten Erdalkaliphosphoren, ausgeführt hat. Diese bestehen außer dem Sulfid eines der drei Erdalkalimetalle Calcium, Strontium und Barium aus einem verhältnismäßig leicht schmelzbaren „Zusatz“, wie etwa Natriumsulfat, Natriumphosphat, Natriumborat, Natriumchlorid oder den entsprechenden Kalium- resp. Lithiumsalzen, sowie aus einer Spur des sogenannten „wirksamen Metalls“, als welches z. B. Kupfer, Blei, Wismut oder Silber genommen werden können. Bei der Bereitung eines „Phosphors“ wird prinzipiell folgendermaßen verfahren: Das aus bestens gereinigtem Erdalkalicarbonat und Schwefel durch Glühen gewonnene Sulfid (genauer Sulfid-Sulfatgemisch; jedoch macht der Sulfatgehalt, wie besondere Versuche dartaten, für die Phosphoreszenzfähigkeit des erhaltenen Phosphors nichts aus) wird mit dem Zusatz verrieben, das wirksame Metall in Form von wäßriger Lösung seines Nitrats hinzugesetzt und das Ganze in einem mit Platinfolie ausgekleideten Porzellantiegel im Hempelofen geglüht. Speziellere Angaben darüber zu machen ist hier nicht der Ort; es muß auf die ausführlichen Darlegungen der betreffenden Originalarbeiten (3 und 16) verwiesen werden (vgl. auch diese Zeitschr. 28, 37, 1915).

Die spektroskopische Zerlegung des von einem Phosphor emittierten Lumineszenzlichtes zeigte nun, daß jedem wirksamen Metall in jedem Erdalkalisulfid eine größere Anzahl fester Banden zugehört, die in ihrer spektralen Begrenzung für das betreffende Metall durchaus charakteristisch sind. Zwar sind auch die Zusätze nicht ohne Einfluß auf die Farbe des Phosphoreszenzlichtes; auch ändert sich diese Farbe gar oft in sehr beträchtlichem Maße mit der Temperatur, bei welcher der Phosphor emittiert; immer aber ließ sich experimentell durchaus einwandfrei feststellen, daß in allen solchen Fällen die beobachteten Einflüsse nicht etwa eine spektrale Verschiebung der Emissionsbanden des wirksamen Metalls, sondern lediglich eine Ab-

änderung ihrer Intensität und ihrer Nachleuchtdauer bewirken.

Wir müssen demnach annehmen, daß sich in jedem Erdalkaliphosphor so viele verschiedene Sorten von Emissionszentren befinden, als die Zahl der von ihm emittierten Phosphoreszenzbanden beträgt. Da von den verschiedenen Banden eines und desselben Metalls jede ihre besonders gelegenen Temperaturbereiche hat, jede durch besondere Zusätze in ihrer Intensität und Dauer des Nachleuchtens beeinflusst werden kann und jede endlich ihre gesonderte Erregungsverteilung, d. h. Abhängigkeit der Intensität des erregten Phosphoreszenzlichtes von der Länge der erregenden Lichtwellen, aufweist, mithin durch besondere Lichtwellen vorzugsweise erregt wird, muß jedes dieser Emissionszentren als selbständig und unabhängig von den anderen funktionierend betrachtet werden.

In bezug auf die Dauer des Nachleuchtens einer Bande kann man zwischen Momentanbanden, d. h. Banden, die sofort nach Aufhören der erregenden Bestrahlung aus dem Spektrum verschwinden, also momentan abklingen, sowie Dauerbanden, denen das langandauernde Nachleuchten zuzuschreiben ist, unterscheiden. Die Dauer einer Bande ist von der Art der Erregung unabhängig: Licht von verschiedener Wellenlänge und Kathodenstrahlen geben denselben Effekt. Banden, die bei einem bestimmten Zusatz und einer bestimmten Temperatur Momentanbanden sind, klingen bei jeder Art der Erregung schnell an und ab. Ebenso treten Dauerbanden stets nur als solche auf; sie zeichnen sich, wie durch ihr langsames Abklingen beim Nachleuchten, so auch durch ihr langsames Anklingen bei der Erregung aus.

Prüft man die Temperatureigenschaften aller Banden der einzelnen Phosphore genauer, so findet man, daß Anhaltspunkte dafür vorhanden sind, daß jede Bande in einem gewissen, tiefen Temperaturbereich Momentanbande ist, bei höherer Temperatur zur Dauerbande, und bei noch höherer Temperatur wieder zur Momentanbande wird. Jede einzelne Bande vermag demnach, je nach der herrschenden Temperatur, drei verschiedene Zustände anzunehmen: den Kältezustand oder unteren Momentanzustand; den Dauerzustand und den Hitzezustand oder oberen Momentanzustand.

Aus der Kenntnis dieser drei Temperaturzustände fließt nun auch das Verständnis des Verhaltens der Phosphore beim Erhitzen. Das Erhitzen des Phosphors ist keine Erregung desselben; es wirkt lediglich auslösend auf die bereits aufgespeichert gewesene Erregungsenergie, und zwar leuchten beim Temperaturanstieg jeder-

<sup>4)</sup> Eine umfassende Übersicht über alle älteren und neueren Phosphoreszenztheorien gibt H. Kayser im 4. Bd. (S. 815 ff.) seines Handbuchs der Spektroskopie (abgeschlossen 1907).

zeit diejenigen Banden auf, deren Dauertemperatur gerade passiert wird. Es ist demnach sehr wohl möglich, daß die Farbe des Leuchtens beim Erwärmen sich wesentlich ändert. Ein sehr hübsches Beispiel hierfür möge kurz angeführt werden: der Phosphor Ca Cu Li (d. h. CaS mit Kupfer als wirksamem Metall und einem Lithiumsalz als Zusatz) weist drei Banden auf: eine blaue mit einer Dauertemperatur, die etwas unter Zimmertemperatur liegt, eine grüne bei Zimmertemperatur, und eine orangefarbige bei etwa  $100^{\circ}$ . Erregt man daher diesen Phosphor in einem Kohlensäure-Äthergemisch, nimmt ihn heraus und taucht ihn in siedendes Wasser, so leuchtet er nacheinander blau, grün und rötlich auf.

Die bereits seit langer Zeit bekannte auslöschende Wirkung des roten und ultraroten Lichts auf das Phosphoreszenzlicht stellte sich als im wesentlichen gleich mit derjenigen der Temperaturerhöhung heraus. Beide haben eine Auslöschung des Phosphoreszenzlichtes zur Folge, lassen dasselbe aber vor diesem Verlöschen erst erheblich aufleuchten. Bei der roten Bestrahlung treten ebenfalls, wie es soeben für die Erwärmung des näheren dargelegt wurde, nacheinander diejenigen Banden auf, die einer bestimmten, ständig zunehmenden Temperatur entsprechen.

Aber nicht nur das rote und ultrarote Licht vermag auslöschend auf Phosphoreszenzbanden zu wirken. Vielmehr gilt ganz allgemein der Satz, daß auf eine bestimmte Bande alle diejenigen Lichtwellen auslöschend wirken, die sie nicht erregen, und da, wie wir hörten, jede Bande ihre gesonderte Erregungsverteilung besitzt, folgt daraus, daß ein Lichtbündel von gewisser Wellenlänge auf die eine Bande erregend, zugleich aber auf eine andere Bande auslöschend zu wirken vermag. Jede Bande hat eben auch ihre gesonderte Auslöschungsverteilung.

Es ergibt sich somit für die Emissionszentren des Phosphoreszenzlichtes in den Phosphoren die Forderung, daß sie dreierlei Eigenschwingungsdauern müssen annehmen können: 1. die der Erregung, gekennzeichnet durch die Erregungsverteilung; 2. die der Emission, gekennzeichnet durch die spektrale Lage der betreffenden Bande; 3. die der Auslöschung, gekennzeichnet durch die Auslöschungsverteilung. Wie bereits betont, muß jeder Bande ihr besonders konstruiertes Emissionszentrum zugeschrieben werden. Aber nicht genug damit; die Annahme einer einzigen Art Emissionszentrum für eine Bande genügt keinesfalls, um allen beobachteten Tatsachen gerecht zu werden. Untersucht man nämlich die Erregungsverteilungen genauer, so bemerkt man, daß diese aus drei

Komponenten sich zusammensetzen, aus einer Momentanverteilung, einer Dauerverteilung und einer Ultraviolettverteilung, entsprechend der Momentanerregung, der Dauererregung und der Ultravioletterregung. Das ist folgendermaßen zu verstehen. Werfen wir auf einen flächenhaft ausgebreiteten, völlig unerregten Phosphor (wir wollen der Einfachheit halber annehmen, daß dieser nur eine einzige Bande besitzt und daß deren Erregungsverteilung gänzlich im Ultravioletten liegt) das bis zu etwa  $250 \mu\mu$  reichende kontinuierliche ultraviolette Spektrum eines Nernstschen Fadens, so sehen wir sofort bei ganz bestimmten Wellenlängen den Phosphor in der Farbe seiner Emissionsbande aufleuchten; belichten wir nur wenige Sekunden, so leuchtet er nur an diesen und keinen anderen Stellen auf, und die dabei erregenden Wellen lassen sich zur Ermittlung der „*m*-Erregungsverteilung“ bestimmen. Das Nachleuchten der durch den Momentanprozeß erregten Bande ist nur kurz. Belichten wir länger, so tritt allmählich auch an anderen als den eben als zur Momentanverteilung gehörig charakterisierten Stellen die Emission der betreffenden Bande auf; in ihrer Gesamtheit ergeben diese Stellen den Verlauf der „*d*-Erregungsverteilung“, welche mehrere Maxima der Erregung, getrennt durch Zwischenräume, die von der Dauererregung relativ freibleiben, aufweist. Der dadurch erregte Dauerprozeß bedingt das lange Nachleuchten, das für die Phosphoreszenz charakteristisch ist. Bei Benutzung des Spektrums einer Quarzamalgalampe, das Linien bis zu  $200 \mu\mu$  aufweist, findet sich dazu noch ein dritter Erregungsprozeß, indem man dann bei Beginn der Belichtung gewissermaßen eine Welle von Phosphoreszenzlicht (immer in derselben charakteristischen Farbe der betreffenden Emissionsbande), vom äußersten Ende des Spektrums herkommend, über den Phosphor sich ergießen sieht. Diese setzt mit beträchtlicher Helligkeit an jenem Ende ein und breitet sich allmählich, zuletzt sehr langsam und lichtschwach, bis gegen das violette Gebiet aus. Es ist das die sogenannte „*u*-Erregung“, die den „*u*-Prozeß“ hervorruft, dessen mittlere Dauer etwas größer als die des „*m*-Prozesses“ ist, die jedoch lange nicht die des „*d*-Prozesses“ erreicht.

Wie bereits in der Einleitung bemerkt, sehen wir den Vorgang der Emission von Licht, hier speziell von Phosphoreszenzlicht, als bedingt durch Schwingungen von Elektronen im emittierenden Atom an. Der Vorgang der Phosphoreszenzerregung müßte demnach ganz allgemein darin bestehen, daß das erregende Licht in dem betreffenden Zentrum gewisse Elektronen in

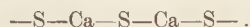


einen schwingungsfähigen Zustand versetzt; der der Emission in einer allmählichen und der der Auslöschung in einer beschleunigten Rückgängigmachung dieses Zustandes. Lenard zeigte nun, daß die Wirkung des erregenden Lichtes als eine lichtelektrische Wirkung auf das wirksame Metall (resp. dessen Sulfid) im Phosphor aufzufassen ist, indem er nämlich fand, daß in mehr oder minder hohem Maße sämtliche Phosphore den lichtelektrischen Effekt geben, und zwar wirken dabei ausschließlich diejenigen Wellenlängen lichtelektrisch erregend, welche auch die dem Phosphor eigentümlichen Banden zur Emission bringen.

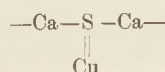
Hierauf basiert nun Lenard seine Phosphoreszenztheorie, die er bereits im Jahre 1904 in den ersten groben Zügen aufgestellt und seither in ständiger Arbeit weiter ausgebaut und verfeinert hat.

Als die Bestandteile der „*d*-Zentren“ werden Atome des wirksamen Metalls, des Erdalkalimetalls und des Schwefels angesehen. Ihre Konstitution muß ziemlich raumbeanspruchend sein, da die Phosphoreszenzfähigkeit der Phosphore durch hohen Druck vernichtet wird. Werden die im Dunkeln durch Druck zerstörten Erdalkaliphosphore an helles, weißes Licht gebracht oder der Bestrahlung mit Kathodenstrahlen ausgesetzt, so nehmen sie dabei gewisse, deutlich zu bemerkende Farben an. Wird der Phosphor dann auf etwa 400° erwärmt, so tritt Entfärbung und Wiedererlangung der Phosphoreszenzfähigkeit ein. Auch Bestrahlung mit langwelligem Licht vermag den Phosphor zu entfärben, dabei jedoch nicht die phosphoreszenzzerstörende Wirkung aufzuheben. Lichtelektrisch sind die druckzerstörten, gefärbten Phosphore etwa in gleicher Größenordnung wirksam wie die unzerstörten Phosphore. Bei der Untersuchung der druckzerstörten, aber noch ungefärbten Phosphore ergab sich eine außerordentlich erhöhte lichtelektrische Anfangswirkung, die, völlig parallel mit dem Fortschreiten des Färbungsprozesses, bei weiterer Belichtung stark nachließ. Diese Beobachtung spricht dafür, daß der Eintritt der Färbung mit dem Entweichen einer gewissen Elektronenmenge aus den druckzerstörten Zentrenmolekülen verbunden ist. Dagegen ist der lichtelektrische Effekt bei der durch Entfärbung eines druckzerstörten, belichteten Phosphors erhaltenen farblosen Modifikation geringer als der bei der gefärbten. Bestrahlt man die ursprünglich ungefärbte, druckzerstörte Modifikation mit langwelligem Licht, so fehlt die starke lichtelektrische Anfangswirkung; es hat also den Anschein, als ob jene Behandlung den Übergang in die wiederentfärbte Modifikation zur Folge hat.

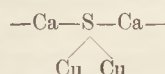
Als Grundstock der Zentren eines Phosphors, z. B. eines Ca-Cu-Phosphors von der empirischen Formel  $\text{Ca}_x\text{Cu}_y\text{S}_z$ , nimmt Lenard eine etwa ringförmig in sich geschlossene Kette folgender Art an:



Die Atome des wirksamen Metalls werden durch Nebervalenzen der Schwefelatome an diesen festgehalten. Nun besitzt der Ca-Cu-Phosphor drei verschiedene Banden, mit  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$  bezeichnet; die Unterschiede der *d*-Zentren dieser Banden werden als durch die Zahl der Valenzen des Metallatoms bedingt angesehen, die dieses dem Schwefelatom gegenüber betätigt, so daß also z. B. dem  $\text{CaCu}\alpha$  *d*-Zentrum die Struktur



und dem  $\text{CaCu}\beta$  *d*-Zentrum die Struktur



zugeschrieben werden könnte.

Die „*m*-Zentren“ werden schwefelfrei angenommen. Da auch das Momentanleuchten durch Druck zerstört wird, muß ihre Struktur ebenfalls eine sperrige sein; durch Ersetzen des Schwefels in obigen Formeln durch Sauerstoff kann etwa ein Bild von ihr gegeben werden.

An dieser Stelle mag kurz der Arbeiten Erwähnung getan werden, die sich mit dem Studium der Phosphoreszenz von Erdalkaliseleniden befassen (14 und 26). Es wird darin der Nachweis erbracht, daß sich das Schwefelatom in den Lenardschen Erdalkalisulfidphosphoren durch Selenatom ersetzen läßt, und die so gewonnenen Erdalkaliselenidphosphore zeigen ebenfalls Eigenschaften, die durchaus im Einklang mit der Lenardschen Theorie stehen.

Der erregte Zustand eines Phosphors besteht nun darin, daß die lichtelektrischen Elektronen aus ihren Metallatomen entwichen sind und in der Umgebung, etwa vom Schwefelatom, festgehalten werden. Die Rückkehr derselben bewirkt das Leuchten. Da sich nun aber herausgestellt hat, daß die Schwingungsdauern der Erregung im wesentlichen keine, die Schwingungsdauern der Emission dagegen eine sehr beträchtliche Beeinflussung durch die spezielle Umgebung des Metallatoms im Zentrum erfahren, so müssen diejenigen Elektronen, die das Leuchten besorgen, andere sein als die lichtelektrischen Elektronen. Nennen wir jene Elektronen im Unterschied zu diesen Emissionselektronen,

so läßt sich die Lenardsche Auffassung von dem Mechanismus des Phosphoreszenzleuchtens dahin präzisieren, daß die Rückkehr der lichtelektrischen Elektronen Schwingungen der Emissionselektronen im Metallatom hervorruft, welche die Emission bedingen, deren spektrale Verteilung eben durch die Eigenschwingungsdauern dieser Emissionselektronen charakterisiert ist.

Nach ein paar Worte zur Theorie des „*u*-Prozesses“. Das ultraviolette Licht übt auch auf die nichtmetallischen Atome im Phosphor eine lichtelektrische Wirkung aus. Ist die Anfangsgeschwindigkeit der so ausgelösten lichtelektrischen Elektronen stark genug, so lassen sie beim Auftreffen auf die Metallatome aus diesen Elektronen entweichen, wodurch die Zentren erregt sind. In derselben Weise läßt sich die phosphoreszenzerregende Wirkung der Kathodenstrahlen erklären.

Erwärmung des erregten Phosphors hat erhöhte Bewegung der Schwefelatome zur Folge; durch Nähewirkung wird dann die Rückkehr der von diesen aufgespeicherten Elektronen zum Metallatom beschleunigt. Die Wirkung der auslöschenden Strahlen wird als verursacht angesehen durch eine Resonanzwirkung auf das schwingungsfähige Schwefelatom, wodurch dieses ebenfalls zur beschleunigten Abgabe der aufgespeicherten Elektronen veranlaßt wird.

Ein Verständnis der oben mitgeteilten Beobachtungen an den druckzerstörenden Erdalkaliphosphoren würden die folgenden Annahmen ermöglichen: Die Druckzerstörung selbst besteht in einer Zerteilung der Zentrenmoleküle, etwa gemäß der Gleichung



Diese Bruchstücke können die an den Bruchstellen freiliegenden Valenzen nicht betätigen, eben infolge der durch den Druck bewirkten Verschiebungen derselben; ihre Valenzelektronen sind daher besonders leicht zum Entweichen zu bringen. Die Druckfarben rühren von freien Erdalkalimetallatomen her. Die regenerierende Wirkung ausreichender Erwärmung erklärt sich aus der dabei stattfindenden Wiederherstellung derjenigen Bedingungen, unter denen die Phosphoreszenzzentren überhaupt gebildet wurden. Langwelliges Licht bewirkt durch Resonanz von den elektronenaufspeichernden Atomen die Rückkehr der Elektronen zu den positiven Resten, was Bindung der freien Metallatome, mithin Entfärbung zur Folge hat.

In bezug auf die sogenannte aktinodielektrische Wirkung, die sich, wenn der Phosphor gleichzeitig einem elektrischen Felde und der Bestrahlung mit rotem Licht ausgesetzt wird,

in einer kurz dauernden, stets im Sinne der angelegten Spannung gerichteten elektrischen Verschiebung im Phosphor äußert, können wir uns mit diesem Hinweis auf ihr Vorhandensein begnügen, da sie in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit den Vorgängen der Phosphoreszenz zu stehen scheint (8, 11 und 22).

Wie weiter oben bemerkt wurde, weist die *d*-Erregungsverteilung einer jeden Emissionsbande mehrere scharf voneinander getrennte Maxima auf, wodurch der Gedanke nahegelegt wird, nicht nur den *d*-Erregungen aller Banden, sondern auch innerhalb der einzelnen Banden jedem ihrer *d*-Erregungsmaxima ein gesondertes Emissionszentrum zuzuschreiben. In der Tat wurde das zuerst (10) auch von Lenard angenommen, jedoch mußte diese Vermutung später als unrichtig wieder fallen gelassen werden. Veranlassung dazu gaben die Untersuchungen über die Lichtsumme der Phosphore, d. h. des Zeitintegrals der von einem erregten Phosphor emittierten Lichtintensität, genommen über die gesamte (unendliche) Dauer des Nachleuchtens. Mit Hilfe lichtelektrischer Photometrie konnten die Lichtsummen verschiedener Phosphore ermittelt werden, wobei wieder die einzelnen Banden gesondert betrachtet werden müssen. Es ergaben sich dabei einige wichtige Resultate. Ausleuchten bei konstanter Temperatur und Austreibung der gesamten Emission in kürzerer Zeit durch Erhitzen geben dieselbe Lichtsumme. Während der Erregung des Phosphors konvergiert die aufgespeicherte Lichtsumme gegen einen Grenzwert; ist dieser erreicht, so sind seine *d*-Zentren voll erregt. Und zwar erscheint der Wert der Lichtsumme, den man bei Erregung einer Bande allein mit den Wellenlängen etwa des ersten Maximums in ihrer *d*-Erregungsverteilung erhält, nicht vergrößert, wenn man gleichzeitig die Wellenlängen aller *d*-Erregungsmaxima zur Erregung benutzt. Damit fällt naturgemäß die Annahme mehrerer, voneinander verschiedener *d*-Zentren für jede einzelne Bande.

Mit Hilfe einer genialen Methode, auf deren nähere Besprechung wir hier verzichten müssen, ließ sich die absolute Messung der Energieaufspeicherung bei Phosphoren durchführen. Es ergab sich dabei das folgende Resultat: In 1 mg Ca Bi-Phosphor beträgt bei voll und ausschließlich in  $\alpha d$ -Zentren vorhandenem, 0,01 normalem Wismutgehalt die in Gestalt von Licht zu verausgebende maximale Energieaufspeicherung 0,00090 Erg. pro  $\text{cm}^2$ , bezogen auf eine in 1 m Abstand befindliche Auffangfläche. Für jedes einzelne Wismutatome der Ca Bi  $\alpha d$ -Zentren berechnet sich daraus eine maximale Energieaufspeicherung von  $18,4 \cdot 10^{-12}$  Erg. In Ver-



bindung mit der Planckschen Vorstellung von den Energiequanten der Lichtemission ergibt sich dann das Resultat, daß ein jedes solches Wismutatom bei maximaler Erregung so viel Energieaufspeicherung vermittelt, daß bei dem Abklingen 4 Lichtquanten emittiert werden können. Auf die zahlreichen, überaus interessanten, hieraus von Lenard gezogenen Folgerungen kann hier jetzt nicht eingegangen werden; es muß das einem besonderen Referat vorbehalten bleiben.

Bezüglich des Abklingens der Phosphoreszenz wurde festgestellt, daß sämtliche bisher angenommenen Abklingungsgesetze unzutreffend sind. Man gelangt zu einer mit den beobachteten Tatsachen vereinbaren Vorstellung über das Abklingen, wenn man annimmt, daß die *d*-Zentren nicht einheitlicher Natur sind, sondern daß es solche verschieden großer Dauer gibt, welche verschieden schnell abklingen; die Zentren kürzerer Dauer müßten dann für gewöhnlich sehr in der Überzahl sein.

Von besonderem Interesse und ausschlaggebender Bedeutung für die Richtigkeit der über den Mechanismus der Phosphoreszenz entwickelten Vorstellungen ist die Frage nach den Lichtabsorptionsverhältnissen bei den Phosphoren. Die Tatsache, daß im Ultraviolett die auslöschende Wirkung mit der erregenden Wirkung zusammentrifft, mithin eine und dieselbe Wellenlänge sowohl erregend als auch auslöschend wirken kann, führt zu der Vorstellung, daß die Erregung durch Lichtabsorption in den Metallatomen, die Auslöschung dagegen durch Absorption von seiten derjenigen Atome bedingt wird, welche die aus den Metallatomen entwichenen Elektronen aufspeichern. Es liegt auf der Hand, daß beide Absorptionen gleichzeitig vor sich gehen und ihre Wirkungen unabhängig voneinander äußern können.

Beim Vergleich einer und derselben Phosphorschicht im unerregten und erregten Zustande wurde gefunden, daß sich diese beiden Zustände in bezug auf ihr Absorptionsvermögen in beträchtlichem Maße voneinander unterscheiden. Während nämlich die unerregte Schicht das erregende Licht sehr stark absorbiert, nimmt diese Absorption mit zunehmender Erregung ständig ab. Für nicht erregende Lichtwellen gilt gerade das Umgekehrte: In dem Maße, in dem die (zunächst vollständige) Erregung des Phosphors durch Abklingen abnimmt, nimmt auch die Absorption des nicht erregenden, mithin nach Früherem auslöschend wirkenden Lichtes ab.

Dieses äußerst wichtige Resultat steht im besten Einklang mit der von Lenard entwickel-

ten Phosphoreszenztheorie. Nach ihr besitzt ja das Metallatom im unerregten Zustand eine ganz andere elektrische Struktur als im erregten, und es ist selbstverständlich, daß diesen verschiedenen Zuständen verschiedene Eigenschwingungsdauern der Absorption zukommen müssen.

Dies sind, in großen Zügen gezeichnet, die Ergebnisse, welche die Untersuchungen Lenards über die Phosphoreszenzerscheinungen gezeitigt haben. Ein gewaltiges Bild von dem Mechanismus intimster Atomvorgänge, das kommende Zeiten wohl modifizieren, ja vielleicht gar durch ein anderes, besseres, ersetzen mögen, das uns aber den schönen Vorteil gewährt, im bunten Wirrwarr der Erscheinungen eine sicher führende Übersicht zu vermitteln und anzuregen zu neuen Forschungen, die weiteres Licht in das Dunkel der Mikrowelten werfen . . . daß wir erkennen, „was die Welt im Innersten zusammenhält“.

#### Literaturverzeichnis.

1. V. Klatt und P. Lenard, Über die Phosphoreszenzen des Kupfers, Wismuts und Mangans in den Erdalkalisulfiden. Wied. Ann. **38**, 90 (1889).
2. P. Lenard und V. Klatt, Über die Vernichtung der Phosphoreszenzfähigkeit durch Druck. Ann. d. Phys. **12**, 439 (1903).
3. P. Lenard und V. Klatt, Über die Erdalkaliphosphore. Ann. d. Phys. **15**, 225, 425, 633 (1904).
4. P. Waentig, Zum Chemismus phosphoreszierender Erdalkalisulfide. Zeitschr. f. phys. Chem. **51**, 435 (1905).
5. A. Werner, Quantitative Messungen der An- und Abklingung getrennter Phosphoreszenzbanden. Diss. Kiel 1907 (auszugsweise auch Ann. d. Phys. **24**, 164 (1907)).
6. H. Gohdes, Über die Abhängigkeit des Dauer- und Momentanprozesses einer getrennten Phosphoreszenzbande vom Metallgehalt und über die Erregungsverteilungen dieser beiden Prozesse. Diss. Kiel 1909 (vgl. auch A. Werner und H. Gohdes; Ann. d. Phys. **30**, 257 (1909)).
7. B. Winawer, Dielektrische Untersuchungen, insbesondere an Erdalkaliphosphoren. Diss. Heidelberg 1909.
8. P. Lenard und Sem Saeland, Über die lichtelektrische und aktinodielektrische Wirkung bei den Erdalkaliphosphoren. Ann. d. Phys. **28**, 476 (1909).
9. P. Lenard, Über Phosphoreszenz und über die Auslöschung der Phosphore durch Licht. Verh. d. naturwiss. med. Vereins zu Heidelberg **10**, 7 (1909).

10. P. Lenard, Über Lichtemission und deren Erregung. *Ann. d. Phys.* **31**, 641 (1910); auch Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, 1909, 3. Abhdl.
11. C. Ramsauer und W. Hausser, Über die aktinodielektrische Wirkung bei den Erdalkaliphosphoren. *Ann. d. Phys.* **34**, 445 (1911).
12. W. E. Pauli, Über ultraviolette und ultrarote Phosphoreszenz. *Ann. d. Phys.* **34**, 739 (1911).
13. A. Bachem, Spektrale Untersuchungen über die Phosphoreszenz und die Erregungsverteilung einiger Erdalkaliphosphore. *Ann. d. Phys.* **38**, 697 (1912).
14. W. E. Pauli, Über die Phosphoreszenz von Selenverbindungen. *Ann. d. Phys.* **38**, 870 (1912).
15. H. Baerwald, Über die Erregung von Erdalkaliphosphoren durch Kanalstrahlen. *Ann. d. Phys.* **39**, 849 (1912).
16. J. Hirsch, Über die Bildungsgesetze der Phosphoreszenzzentren bei den Erdalkaliphosphoren. *Diss. Heidelberg* 1912.
17. B. Walter, Absorptionsspektren phosphoreszierender Stoffe. *Phys. Zeitschr.* **13**, 6 (1912).
18. W. E. Pauli, Über Phosphoreszenz (zusammenfassender Bericht). *Phys. Zeitschr.* **13**, 39 (1912).
19. P. Lenard, Über Lichtsummen bei Phosphoren. *Heidelberger Berichte* 1912, 5. Abhandl.
20. P. Lenard und W. Hausser, Über das Abklingen der Phosphoreszenz. *Heidelberger Ber.* 1912, 12. Abhandl.
21. W. Hausser, Photometrische Bestimmungen an Phosphoreszenzbanden. *Diss. Heidelberg* 1913.
22. F. Schmidt, Untersuchungen über die Dielektrizitätskonstanten und die aktinodielektrische Wirkung an Erdalkaliphosphoren. *Diss. Heidelberg* 1913.
23. P. Lenard und W. Hausser, Absolute Messung der Energieaufspeicherung bei Phosphoren. *Heidelberger Ber.* 1913, 19. Abhandl.
24. A. Pospelow, Zur lichtelektrischen Photometrie der Phosphoreszenzerscheinungen. *Ann. d. Phys.* **45**, 1089 (1914).
25. P. Lenard, Lichtabsorption und Energieverhältnisse bei der Phosphoreszenz. *Heidelberger Ber.* 1914, 13. Abhandl.
26. F. Kittelmann, Beitrag zur Kenntnis der Erdalkaliselenidphosphore. *Diss. Jena* 1915.
27. P. Lenard, Über die druckerstörten Erdalkaliphosphore. *Festschrift für Elster und Geitel*, S. 669. 1915.

### Über das Verhalten der Kohlensäure in reinen wässrigen und salzhaltigen Lösungen

sprach E. WILKE in der Chemischen Gesellschaft zu Heidelberg<sup>1)</sup>.

Man nahm bisher allgemein an, daß das Kohlensäuregas sich im Wasser wenigstens in geringem Maße unter Bildung der freien Säure  $\text{CO}_2\text{H}_2$  auflöse, zu welcher Auffassung die Fähigkeit solcher Lösungen, Alkalien unter Bildung von Salzen zu neutralisieren, Anlaß gab. Bei Betrachtung des Umstandes, daß die primären Salze dieser Säure nur in äußerst geringem Maße hydrolysiert sind einerseits, und andererseits, daß die Kohlensäure als Oxyameisensäure eine sehr starke Säure sein müßte, fällt es auf, daß die Zahlenwerte der Dissoziationskonstanten dieselbe in die Reihe der allerschwächsten Säuren einordnen.

Für die rein wässrigen Lösungen wurde vom Verf. die Methode der Leitfähigkeitsmessung untersucht. Hierfür konnte natürlich die Methode der Leitfähigkeitsmessung keine Anwendung finden; es wurde daher die Methode der Messung der Wasserstoffionenkonzentration so modifiziert, daß die Beladung der Meßelektroden mit Wasserstoff durch die Mittelwand einer Palladiumkapillare hindurch bewerkstelligt werden konnte, da die Beladung von außen her durch den Elektrolyten hindurch eine Veränderung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration zur Folge haben würde. Diese Methode bot zuerst außerordentliche Schwierigkeiten, gab aber schließlich absolut einwandfreie Resultate.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen war folgendes: In salzhaltigen Lösungen ist die Kohlensäure eine bedeutend stärkere Säure als in reinem Wasser. Stellt man sich nun die angewandte, die im wesentlichen die von Walker und Cormack gegebenen Zahlenwerte bestätigte. Gleichzeitig aber wurde die Beobachtung gemacht, daß solche Kohlensäurelösungen außerordentlich labile Gebilde darstellen, welche schon durch einfachen Kontakt mit Metallen, besonders im Licht Veränderungen erleiden, die sich im Betrag der Dissoziationskonstanten zu erkennen geben. Ebenso, nur in erhöhtem Maße, wirkt der elektrische Strom ein.

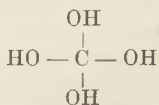
Diese Messungen allein waren nicht imstande, den niedrigen Wert der Dissoziationskonstanten von  $2,89 \cdot 10^{-7}$  zu erklären. Deshalb wurde das Verhalten der Kohlensäure in Salzlösungen näher Frage, wie es möglich ist, daß die Salze aus einem fast neutralen Körper eine starke Säure machen, dann kommt man zu dem Schluß, daß die Salze nur eine dehydratisierende Wirkung haben können. Die Annahme, daß dieselben aus gasförmig gelöstem  $\text{CO}_2$  eine Vermehrung

<sup>1)</sup> *Angew. Chem.* **28**, III, 217.



von  $\text{CO}_2\text{H}_2$  durch Hydratbildung hervorrufen könnten, ist wohl nicht haltbar.

Behält man die wasserentziehende Wirkung der Salze im Auge, dann kann nur aus einem höheren Hydrat ein niedrigeres mit stark sauren Eigenschaften entstehen. Demnach ist es höchst wahrscheinlich, daß in reinen wässrigen Lösungen das Orthohydrat der Kohlensäure mit der Konstitution



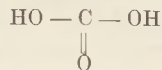
### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Zur Geschichte der Fallgesetze. Von H. Wieleitner, Speyer. (Originalbericht.)

Ich habe in einem Aufsatz: Das Gesetz vom freien Falle in der Scholastik, bei Descartes und Galilei (Zeitschr. math. nat. Unterr. 45, 1914, S. 209—228), über den auch in dieser Zeitschrift (27, 185) berichtet worden ist, darauf hingewiesen, daß wahrscheinlich Galilei die Kenntnis der grundlegenden besonderen Fälle und auch die von ihm benutzte graphische Darstellung im Wesen der scholastischen Wissenschaft entnommen hat, in der diese Dinge mindestens seit dem 14. Jahrh. vorhanden waren. Dies ist um so wahrscheinlicher, als auch Descartes schon als ganz junger Mensch eine ähnliche Darstellung gab, die er sicher ebenfalls nicht aus sich geschöpft hatte, sondern seinem 8jährigen Aufenthalt im Jesuitenkollegium zu La Flèche verdankte. Der Nachweis dieser Behauptung würde jedermann befriedigen, der die Wissenschaft fortschreiten sieht in beständiger Anlehnung an das Vorhergehende und in stetigem Kampf mit den alten Schulmeinungen. Der literarische Nachweis ist aber nicht leicht, weil man neben den gedruckten Lehrbüchern, die Descartes und Galilei zur Verfügung standen, auch die mündliche Überlieferung kennen muß, die sich zu Teil auch auf nur handschriftlich erhaltene Quellen stütze.

Um nun einen Schritt in dieser Richtung zu tun, habe ich das große Werk über die „Bewegung“ (im Aristotelischen Sinne) von Bonamico durchgesehen, der ja Galileis Lehrer war. Dieses Werk hat den Titel: FRANCISCI || BONAMICI FLORENTINI || E PRIMO LOCO PHILOSOPHIAM || ordinariam in Almo Gymnasio Pisano Profitentis, || DE MOTV LIBRI X. | QUIBUS GENERALIA NATVRALIS PHILOSOPHIAE || principia summo studio collecta continentur. || NECNON VNIVERSAE QVAESTIONES AD LIBROS || De Physico auditu, de Cælo, de Ortu, & Interitu || pertinentes explicantur. || . . . . .

vorliegt, welcher Körper, da er nur OH-Gruppen am Kohlenstoff gebunden enthält und kein doppelt gebundenes Sauerstoffatom, keine eigentliche Säure ist und demnach nur schwachsaure Eigenschaften besitzt. Salze vermögen diesem Körper Wasser zu entziehen unter Bildung der starken Kohlensäure



Otto Fr. Bürger.

FLORENTIAE, || Apud Bartholomæum Sermartellium. || MDXCI.

Das Vorwort des Bandes ist vom Jahre 1587. Er enthält (20) + 1011 + (25) Seiten Folio in kleinem Antiquatdruck (wie die Aufsätze in dieser Zeitschrift). Gleichwohl, ich meine trotz dieses ungeheuren Umfanges, ist das Ergebnis meiner Nachforschung ein negatives gewesen. Das ganze Gebiet, das die sog. „Calculatores“ im 14. und 15. Jahrh. mit solcher Spitzfindigkeit pflegten<sup>1)</sup>, d. i. das Gebiet gewisser Bewegungsaufgaben, ist nicht in dem Werk Bonamicois enthalten. Bonamico kommt nicht über die Erörterung grundsätzlicher Fragen hinaus und in bezug auf die Bewegung in gerader Linie (Buch V) beschränkt er sich auf die Beziehungen zwischen Kraft, Masse und „Geschwindigkeit“. Der Beschleunigungsbegriff scheint ganz zu fehlen. Was aber die Grundlagen der Physik betrifft, so dürfte der Spezialforscher bei Bonamico so ziemlich alle Meinungsäußerungen von den Pythagoreern an über Aristoteles, die Araber, Philoponos und die anderen „Lateiner“ bis zur Hochscholastik eines Thomas von Aquin und Albertus Magnus und deren Nachfolger hin und her gewendet finden, wobei Bonamico gerne die ursprüngliche Aristotelische Meinung gegen die Neuerer verteidigt.

Durch dieses negative Ergebnis ist natürlich keineswegs erwiesen, daß um jene Zeit die Wissenschaft der „Calculatores“ vergessen<sup>2)</sup> oder

<sup>1)</sup> Vgl. auch meine Aufsätze über den Funktionsbegriff und die graphische Darstellung in der Scholastik in der „Bibliotheca mathematica“ 13, 1912/13, S. 115—145 und 14, 1913/14, S. 193—243, sowie die Abhandlung über unendliche Reihen im Mittelalter, ebenda 14, S. 150—168.

<sup>2)</sup> Ich erinnere, daß gerade das Zeitgesetz der gleichförmig beschleunigten Bewegung in der Anwendung auf den freien Fall in einem 1572 zu Salamanca erschienenen Werk des Dominicus Soto vorkommt.

in Pisa unbekannt war, oder auch nur, daß Bonamici nichts davon wußte. Da aber der Foliant Bonamicis vielleicht sogar von den

Galileiforschern mit etwas Scheu zur Hand genommen wurde, glaubte ich das Resultat meiner Durchmusterung hier mitteilen zu sollen.

#### 4. Unterricht und Methode.

Die Fortschritte der physikalischen Schülerübungen in den Jahren 1914 und 1915. In der Beilage zu dem Jahresbericht des Königlichen Realgymnasiums zu Pasewalk (1914, Programm Nr. 229) hat Oberlehrer PAUL HANCK physikalische Schülerübungen beschrieben. An dieser Schule sind seit Ostern 1910 in Unterprima und Oberprima wahlfreie Schülerübungen eingeführt. Die Abteilungen arbeiten im Einzelangriff (jede Gruppe wird mit einem andern Versuch beschäftigt) und zwar wöchentlich je eine Stunde. HANCK hatte für alle Übungen Anleitungen ausgearbeitet und den Schülern in die Hand gegeben. Diese Anleitungen veröffentlicht er in der vorliegenden Arbeit. Sie enthält 92 Übungen aus der Mechanik, dem Schall, dem Licht, der Wärme, dem Magnetismus und der Elektrizität. Die Anleitungen sind klar und deutlich abgefaßt. Die treffliche Abhandlung<sup>1)</sup> wird den Übungsleitern ausgezeichnete Dienste leiten und sicher viel zur Ausbreitung der Schülerversuche beitragen.

Der Leitfaden der Physik auf Grundlage gemeinsamer Schülerübungen von Professor Dr. FR. BREMER ist bereits in dieser Zeitschrift (27, 309; 1914) besprochen worden.

In der Zeitschrift „Aus der Natur“ 10, 465; 1914, beschreibt K. MAHLER seine physikalischen Schülerübungen an dem Reformrealgymnasium und der Oberrealschule zu Aalen (Württemberg). In dem Physiksaal (7 m  $\times$  10 m) stehen fünf übereinanderaufsteigende Reihen von Tischen, die je 5,30 m lang und 6,5 cm breit sind und je zwei Doppelpgasanschlüsse haben, ferner die nötige Anzahl Hocker. Damit ist, den einfachen Verhältnissen entsprechend, der Saal als „Vortragszimmer“ und zugleich als Übungsraum benutzbar. MAHLER verwehrt auf der Unterstufe (OIII und UII) die Schülerversuche mit dem Unterricht. Auf der Oberstufe (OII bis OI) sind die Übungen wahlfrei; es wird dabei im Einzelangriff gearbeitet. Daneben findet ein „freiwilliger Handfertigkeitsunterricht“ statt.

Wie rege man jetzt in Österreich die physikalischen Schülerversuche fördert, zeigt das Hilfs-

buch von Dr. FRANZ KNAPP.<sup>2)</sup> Es enthält in engem Raum eine Fülle von Versuchen. Der Verfasser eines solchen Buchs wird außer den Übungen, die er seine Schüler ausführen läßt, auch Versuche aufnehmen, von denen er annimmt, daß einige Fachgenossen sie für unentbehrlich halten. Die engere Stoffauswahl ist weniger Aufgabe des Verfassers als des Lehrers, der das Buch benutzt. Schülerversuche sind ein zeitraubendes Verfahren, und man wird es nur bei der Durcharbeitung der wichtigsten physikalischen Fragen anwenden. Nur als junger Lehrer habe ich den Potenzfläschenzug durchgenommen; heute bezweifle ich, ob die Schüler damit Versuche machen sollen. Auch die Übungsfrage: „Bei wieviel Grad schmilzt Paraffin?“ ist nicht einwandsfrei. Hervorzuheben ist, daß das Buch auch Schülerversuche aus der Reibungselektrizität enthält. Der Verfasser weist der Unterstufe bereits so schwere Aufgaben zu, daß ihm für die Oberstufe kaum noch Fragen übrig geblieben sind.

Die Anweisungen sind klar und sorgfältig. Zu loben sind die Fehlerbetrachtungen. An einigen Stellen ist die Sprache nicht ganz scharf und rein. In den Tafeln sind einzelne Festwerte auf mehr Stellen angegeben als in KOHLRAUSCHS Lehrbuch der praktischen Physik. Die Tafel über spezifische Wärmen bedarf der Nachprüfung. Das alles sind nur Kleinigkeiten. Das Buch ist eine willkommene Bereicherung der deutschen Schriften über Schülerversuche.

In den Vierteljahrsberichten des Wiener Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts (20, 35; 1915) beschreibt Professor Dr. PHILIPP BROCH eingehend vier physikalische Schülerübungen: 1. Bestimmung der Horizontal Komponente des Erdmagnetismus und der Polstärke eines Magnets mit dem Dynmesser von KLEIBER.<sup>3)</sup> 2. Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel nach dem vibrographischen Verfahren.<sup>4)</sup> 3. Bestimmung der Wellenlänge

<sup>1)</sup> Sie ist jetzt als besondere Schrift erschienen: *Physikalische Schülerübungen*. Von PAUL HANCK. Leipzig, Quelle & Meyer, 1914. 64 S. 0,80 M.

<sup>2)</sup> *Physikalische Schülerübungen auf der Unterstufe. Ein Hilfsbuch für Übungsleiter und Schüler*. Von Dr. FRANZ KNAPP. Mit 92 Abbildungen. Wien und Leipzig, A. Hölder, 1914. X u. 158 S. 2 M.

<sup>3)</sup> Diese Zeitschr. 10, 72; 1897.

<sup>4)</sup> SCHÜTTE, Diese Zeitschr. 25, 358; 1912.



des Lichts mit den Newtonschen Ringen nach GRIMSEHL<sup>5)</sup>. 4. Schwingungen von Flüssigkeitssäulen<sup>6)</sup>. Die Untersuchungen sind sorgfältig und lehrreich. Die erste und die vierte Übung liefern gute Ergebnisse. Die Schwingungszahl einer Stimmgabel bestimmt man besser nach dem Verfahren von HALL<sup>7)</sup>. Der dritten Übung ist das treffliche Verfahren von ELLINGER<sup>8)</sup> zur Bestimmung der Wellenlänge des Natriumlichts vorzuziehen. Bei der vierten Übung wäre das Hervorheben des wichtigen „Kraftwert“-Begriffs vorteilhaft gewesen.

In dem vierten Hefte des Jahrganges 1913 der *Vierteljahrsberichte des Wiener Vereines zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts* hat MAX PRODINGER eine Abhandlung „zur Schülerübungsfrage“ veröffentlicht. Er hat früher einige treffliche Arbeiten über Schülerversuche geschrieben<sup>9)</sup>. Der Inhalt der vorliegenden Untersuchung ist so wichtig, daß er eine ungewöhnlich eingehende Besprechung verlangt. In ehrlichem Ringen sucht PRODINGER nach der besten Betriebsart der Schülerversuche. Er unterscheidet noch zwischen „Wiederholungsverfahren“ und „Forschungsverfahren“. Dieser vor Jahren berechtigten Unterscheidung habe ich später das Verfahren gegenübergestellt, das die Schülerversuche in den ganzen Physikunterricht einwebt<sup>10)</sup>. Das Bild, das PRODINGER von dem „Forschungsverfahren“ entwirft, stellt meines Erachtens eine nicht nachahmenswerte Abänderung dieses Verfahrens dar.

PRODINGER hat Schülerversuche nach dem „Wiederholungsverfahren“ ausführen lassen und sucht nun aus seinen dabei gesammelten Erfahrungen ein Urteil über das „Forschungsverfahren“ zu gewinnen. Beide Verfahren sind so wesentlich verschieden, daß es unmöglich ist, auf diesem Wege zu einem endgültigen Urteil zu gelangen, und daß die Gefahr vorliegt, ein Vorurteil zu fassen.

PRODINGER prüft zunächst, ob die Schülerversuche in ausreichend kurzer Zeit durchführbar seien, und dann, ob sie zu unverhüllt klaren Ergebnissen führen.

<sup>5)</sup> *Ausgewählte physikalische Schülerübungen* 14, Nr. 3.

<sup>6)</sup> F. C. G. MÜLLER, *Diese Zeitschr.* 2, 118; 1889 u. *Techn. d. physik. Unterr.* 80. K. NOACK, *Aufgaben* 29, Nr. 32.

<sup>7)</sup> HAHN, *Handbuch d. physik. Schülerübungen* 2 211.

<sup>8)</sup> *Diese Zeitschr.* 16, 280; 1903.

<sup>9)</sup> Vgl. *diese Zeitschr.* 24, 181; 1911 u. 27, 121; 1914.

<sup>10)</sup> HAHN, *a. a. O.* 472.

Er wählt zur Prüfung, ob die Versuche in kurzer Zeit ausführbar seien, zwei wegen ihrer langen Dauer sehr ungünstige Aufgaben, nämlich: 1. Wie verhält sich die Kupfermasse, die ein gleichbleibender Strom ausscheidet, zur Niederschlagsdauer? 2. Wie verhält sich die ausgeschiedene Kupfermasse zur Elektrizitätsmenge? Er findet, daß die Aufgaben in zwei Stunden ausführbar, also zulässig sind. Wenn es auch wünschenswert ist, daß man Aufstellung, Lösung und Auswertung einer Hauptaufgabe in einer Doppelstunde erledigt, so ist doch bei so ausgesucht zeitraubenden und schwierigen Schülerversuchen, die nur ein sehr erfahrener Lehrer mit bereits tüchtig vorgebildeten Schülern wagen sollte, notwendig, die Aufstellung in die vorangehenden und die Auswertung in die nachfolgenden Stunden zu verlegen und die ganze Aufgabengruppe in einer Doppelstunde in allseitigem Angriff zu lösen<sup>11)</sup>. Zur gründlichen Behandlung dieser grundlegenden Aufgabengruppe braucht man meiner Erfahrung nach viel mehr als zwei Stunden, welches Lehrverfahren man auch anwenden mag.

Zur Prüfung der Güte der Schülerversuche teilt PRODINGER von 18 Versuchen die Endergebnisse mit, die seine Schüler bei dem „Wiederholungsverfahren“ gewonnen haben. Aus den angegebenen Zahlen läßt sich kein ganz zutreffendes Urteil über die Güte der Ergebnisse bilden, die bei dem „Forschungsverfahren“ oder bei verwebten Schülerversuchen erzielt worden wären. Bei dem Arbeiten in gleicher Front erhält man die Ergebnisse zu gleicher Zeit, bei dem Einzelangriff zu verschiedenen Zeiten, so daß man keine Mittelwerte bilden kann. Dort erhält man Meßreihen, hier Einzelmessungen. Die Ergebnisse beider Verfahren haben ganz verschiedene Schärfe und Beweiskraft.

PRODINGER hat bei vielen Übungen die Ermittlung von Festwerten gefordert, während man bei dem „Forschungsverfahren“ oder bei verwebten Schülerversuchen zumeist Abhängigkeiten (Funktionen) der gemessenen Größen voneinander sucht, die scharfe Bestimmung der Festwerte aber der wissenschaftlichen Forschung überläßt. Schülerversuche darf man nicht mit den endgültigen Messungen eines Forschers vergleichen, sondern nur mit seinen Vorversuchen, die ihm die Wahrscheinlichkeit eines Gesetzes offenbaren. PRODINGER fragt auch, ob die Anzahl der Versuchsergebnisse hinreicht, um ein Gesetz abzuleiten. Bei vielen wissenschaftlichen Arbeiten ist es zweckmäßig und ausreichend,

<sup>11)</sup> HAHN, *a. a. O.* 376 u. 378.

neun unabhängige Messungen auszuführen, nur selten, bei ganz sorgfältigen Untersuchungen oder bei Forschungen besonderer Art, macht man mehr als fünfundzwanzig Messungen. Man verstößt also nicht gegen die Forschungen wissenschaftlicher Strenge, wenn man aus acht oder mehr gleichzeitig erhaltenen Ergebnissen Schlüsse zieht.

PRODINGER unterscheidet im Hinblick auf die Schärfe der Ergebnisse drei Möglichkeiten: a) Der Schülerversuch ergibt nur eine grobe Annäherung. b) Der Schülerversuch entscheidet die vorgelegte Frage nicht. c) Die Ergebnisse widersprechen den Tatsachen, den Gesetzen, die sie erweisen sollen. Wir wollen diese drei Möglichkeiten an den Ergebnissen der Schülerversuche prüfen, die PRODINGER mitteilt. Wir wollen dabei seine bei dem „Wiederholungsverfahren“ erzielten Ergebnisse nicht als Einzelmessungen, sondern als Meßreihen, also so behandeln, als wären sie gleichzeitig angestellt worden, damit wir ein ungefähres Bild davon gewinnen, welche Schärfe bei dem „Forschungsverfahren“ oder bei eingewebten Übungen voraussichtlich zu erreichen wäre. PRODINGER gibt an, daß er stark abweichende, also „offenkundig fehlerhafte“ Ergebnisse ausgeschieden habe. Das kann bei Ergebnissen mit großer Streuung schädlich auf die Mittelwerte einwirken, und wir dürfen daraus keineswegs schließen, daß wir überall zu gute Mittelwerte erhalten. Eine strenge Bestimmung der Genauigkeit der Ergebnisse von PRODINGERS Schülern ist nicht möglich, da alle Ergebnisse mittelbar sind, d. h. erst aus Messungen einer Reihe von unabhängigen Größen berechnet worden sind. Um die Schärfe der Ergebnisse streng berechnen zu können, müßten die vollständigen Versuchsberichte vorliegen. Es ist also nur eine annähernde Schätzung der Schärfe der Mittelwerte möglich.

a) Versuche, die nur eine grobe Annäherung geben.

1. Verhältnis der ausgeschiedenen Kupfermasse zur Elektrizitätsmenge. Der Fehler ist  $\sim 1,5\%$ .

2. Gleichgewicht auf der schiefen Ebene. Unterstufe:  $(P/Q) - (h/l) = 0,001$ . Oberstufe:  $(P/Q) - \sin \alpha = 0,0002$ .

3. Bestimmung der Fallbeschleunigung mit WHITINGS Pendel. PRODINGER teilt folgende Bestimmungen von  $g$  mit:

Unterstufe.		Oberstufe.	
974 cm/s <sup>2</sup>	1920 cm/s <sup>2</sup>	979,8 cm/s <sup>2</sup>	980,9 cm/s <sup>2</sup>
972	998	883,0	980,8
995	957	975,9	897,9
1009	948		

*Unterstufe.* Schließt man zunächst den Wert 1920 cm/s<sup>2</sup> für  $g$  aus, so erhält man als mittlere Abweichung 19 und als Mittelwert von  $g$  den Betrag 979 cm/s<sup>2</sup>. Das ausgeschlossene Ergebnis 1920 weicht von diesem Mittelwert um 941 ab. Es ist also wahrscheinlich, daß das Ergebnis 1920 unzuverlässig ist, auf einem groben Irrtum oder Versehen beruht. Da die Hälfte von 1920 den Wert 960 und die Abweichung 19 hat, so ist zu vermuten, daß der Schüler an einer Stelle seiner Rechnung vergessen hat, durch 2 zu teilen. — *Oberstufe.* Schließt man zunächst die Werte 883 und 880 cm/s<sup>2</sup> aus, so erhält man als mittlere Abweichung 2 und als Mittelwert für  $g$  den Betrag 979 cm/s<sup>2</sup>. Die beiden ausgeschlossenen Ergebnisse weichen von diesem Mittelwert um 96 und 99 ab. Es ist also wahrscheinlich, daß diese Ergebnisse unzuverlässig sind, auf einem groben Irrtum oder Verstoß beruhen. — Der Mittelwert 979 cm/s<sup>2</sup> ist um 0,2% falsch. Da bei WHITINGS Pendel die Ergebnisse gewöhnlich einen Fehler von 2 bis 3% zeigen, so haben die Schüler die nicht beanstandeten Versuche gut ausgeführt.

4. BOYLESches Gesetz. Die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert ist bei den Versuchen der Unterstufe 0,05% und bei den Versuchen der Oberstufe 0,3%.

5. TAYLORSche Formel. Die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert ist 0,2%.

6. Brechungsverhältnis von Luft zu Wasser. Der Mittelwert ist 1,31 und der Fehler 1,5%.

7. Brennweite der Linse. Die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert ist 0,4%.

8. Bestimmung der Horizontalintensität. Der Mittelwert ist 0,20 Gauß und seine durchschnittliche Abweichung 1,7%. Der wahre Wert war wohl 0,21 und der Fehler 5%. Wegen der beträchtlichen magnetischen Störungen in Gebäuden ist das Ergebnis der Schülerversuche recht gut. PRODINGER gibt die Ergebnisse auf vier geltende Ziffern an, während man doch bei den gewöhnlichen wissenschaftlichen Messungen eine Genauigkeit auf  $\pm 0,001$  befriedigend nennt.

Die außerordentlich geschickten Physiker GAY-LUSSAC und DALTON fanden 1802 übereinstimmend für das Ausdehnungsmaß der Gase den Wert  $1/256$ . Fast 40 Jahre dauerte es, bis RUDBERG den  $\sim 6\%$  betragenden Fehler entdeckte. Vergleicht man mit dieser Tatsache die Genauigkeit der Werte, die PRODINGERS Schüler bei den Versuchen der Gruppe (a) erhalten haben, so sieht man, daß PRODINGER zu hohe Anforderungen an die Schärfe der Schülerversuche stellt, wenn er hier von Versuchen spricht, die nur eine grobe Annähe-



rung geben. Alle Schülerversuche von PRODINGER, die ich in der Gruppe (a) zusammengefaßt habe, liefern gute Ergebnisse und können als Grundlagen für strenge Schlüsse dienen.

b) Versuche, welche die vorgelegte Frage nicht entscheiden.

1. Verhältnis der ausgeschiedenen Kupfermasse zur Niederschlagsdauer. Der Fehler ist  $\sim 3\%$ . Berechnet man, wie das beim allseitigen Angriff gefordert wird, aus den Ergebnissen dieses Versuchs und des ersten Versuchs der Gruppe (a) die Kupfermasse, die ein Coulomb in einer Sekunde ausscheidet, so erhält man als Mittelwert 0,335 mg mit einer durchschnittlichen Abweichung von  $0,2\%$ . Vergleicht man den erhaltenen Mittelwert mit dem besten Wert 0,329 mg, so findet man einen Fehler von  $2\%$ .

2. Mischungswarmheit gleicher Wassermassen. Für  $\tau - \tau_n$  findet man den Mittelwert  $1^\circ$ . Der Fehler ist ungewöhnlich groß, und die Einzelergebnisse zeigen einseitige Abweichungen. Es haben daher die Schüler diesen leichten und sicheren Versuch falsch ausgeführt und wahrscheinlich wesentliche Forderungen meiner Anleitung nicht erfüllt.<sup>13)</sup>

3. Schwingungszahl und Seitenlänge. Hier und in den beiden folgenden Aufgaben sind die angegebenen Werte zu stark gekürzt; man muß drei geltende Ziffern beibehalten. — *Unterstufe*: Der Mittelwert von  $l_2/l_1$  liefert eine durchschnittliche Abweichung von  $6,7\%$ , während sie nach meiner Erfahrung kleiner als  $1\%$  ist. — *Oberstufe*: Die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert ist  $2,4\%$ . — Vermutlich haben die Schüler bei ihren Versuchen die Saiten mit den Stegen gespannt, also die wesentliche Bedingung nicht erfüllt, daß man die Spannung nicht ändern darf.

4. Schwingungszahl und spannende Kraft. Der Mittelwert von  $\sqrt{P_1/P_2}$  liefert bei den Versuchen der Unterstufe eine durchschnittliche Abweichung von  $3\%$  und bei den Versuchen der Oberstufe eine von  $2,8\%$ . Wenn man auch mit der Federwaage die spannende Kraft nicht sehr genau messen kann, so ist doch die Schärfe der Ergebnisse viel geringer als gewöhnlich.

5. Spannende Kraft und Saitenlänge. Die Anordnung der Zahlen im Druck läßt nicht erkennen, welche Versuche die Schüler unter gleichen Bedingungen angestellt haben, es läßt sich daher kein Urteil über die Güte der Ergebnisse abgeben.

6. COULOMBS Gesetz durch Ablenkung. Ich nehme an, daß die beiden Spalten der Ergebnisse zu zwei Magneten verschiedener Polstärke

gehören. Die durchschnittliche Abweichung des Mittelwerts von  $r^2 \operatorname{tg} \varphi$  ist in dem einen Fall  $3\%$  und in dem andern  $2\%$ . Wenn die Schüler die Versuche in der Reihenfolge gemacht haben, wie die Ergebnisse untereinander stehen, so haben die Polstärken mit der Zeit abgenommen. In diesem Fall wäre ein Urteil über die Güte der Versuche unmöglich.

7. COULOMBS Gesetz durch Schwingungen. Die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert ist  $8\%$ . Das hier befolgte COULOMBSsche Verfahren ist schwierig auszuführen. Das SEARLESche Verfahren<sup>13)</sup> liefert bessere Ergebnisse, erfordert aber recht mühsame Berechnungen. Sollten die Schüler aus ihren Versuchen den Schluß ziehen, daß Coulombs Gesetz für Magnetstäbe nicht allgemein gilt, so wäre es geradezu ein Gewinn.<sup>14)</sup>

8. Wärmewert des Joule und Arbeitswert der Grammkalorie. Bei dem Wärmewert ist die durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert  $4\%$ . Der Fehler des Mittelwerts ( $0,25 \text{ cal}$ ) gegen den allgemein angenommenen Wärmewert des Joule ( $0,239 \text{ cal}$ ) ist  $5\%$ . Ebenso groß ist der Fehler des Arbeitswerts der Grammkalorie, den man aus dem Mittelwerte des Arbeitswerts berechnet.

9. OHMSches Gesetz. Widerstand und Länge; Widerstand und Querschnitt. Für  $(l_1/l_2) - (i_1/i_2)$  ergibt sich der Mittelwert  $+0,2$ . Dieses ungewöhnlich schlechte Ergebnis dürfte darauf beruhen, daß sich die Spannung zwischen den Drahtenden während der Versuche geändert hat, oder darauf, daß die Drähte nicht überall gleich dick waren. — Der Mittelwert  $+0,04$  für  $(q_1/q_2) - (i_2/i_1)$  ist auffallend gut.

Bei einer der neuen Versuchsreihen, die ich in der Gruppe (b) vereinigt habe, war die Güte der Ergebnisse nicht zu beurteilen. Bei den übrigen Versuchsreihen kann man durch sorgfältige Ausführung oder die Wahl eines andern Verfahrens bessere Ergebnisse erzielen, jedoch bei dem Gesetz von COULOMB nur dadurch, daß man die besondern Bedingungen erfüllt, unter denen das Gesetz für Magnetstäbe richtig ist. Fast bei allen Versuchen haben übrigens die Schüler eine größere Genauigkeit erzielt, als sie der Lehrer bei seinen Vorführungen unter den ungünstigen Versuchsbedingungen der Lehrstunde zumeist erreichen kann.

Sind die Schülerversuche in den Unterricht eingewebt, so ergänzt und berichtigt man bei der Wertung der Schülerergebnisse diese durch die besten Ergebnisse, welche die Wissenschaft

<sup>13)</sup> HAHN, a. a. O. 239.

<sup>13)</sup> HAHN, a. a. O. 317.

<sup>14)</sup> HAHN, a. a. O. 301 u. 319.

erzielt hat. Es ist nicht notwendig, daß ein einzelner Schüler einen Versuch wiederholt, der ihm mißglückt ist. Er hat durch seine Arbeit wenigstens Wege kennen gelernt, auf denen seine Mitschüler oder die Forscher zu dem gesuchten Gesetz gelangt sind.

c) Ergebnisse, die den physikalischen Gesetzen widersprechen.

In diese Gruppe könnte man scheinbar mit Recht die beiden Versuchsreihen stellen, welche die Bewegung auf der schiefen Ebene behandeln. Die Versuche der Schüler zeigen jedoch, daß für eine Kugel, die eine schiefe Ebene hinabrollt, das Gesetz

$$s = \frac{1}{2} g t^2 \cdot \frac{h}{l} \text{ oder } s = \frac{1}{2} g t^2 \sin \alpha$$

nicht gilt. Damit aber haben die Schüler eine wirkliche Forschung erfolgreich ausgeführt; denn jene durch unzulängliche Betrachtungen abgeleiteten Gleichungen widersprechen den Tatsachen.<sup>15)</sup>

Diese Untersuchung zeigt, daß man nicht überall PRODINGER zustimmen darf, wenn er seine Erörterungen mit folgenden Worten zusammenfaßt: „Versuche, die ohne jede Bedenklichkeit als ‚Forschungsversuche‘ dienen können, werden sehr, aber schon sehr selten sein; ein Schülermaterial, insbesondere auf der Unterstufe, welches für dieses Verfahren die nötigen Vorkenntnisse und zur Wertung die nötige Reife besitzt, noch seltener. — Daraus folgt aber, daß man mit der Anwendung des ‚Forschungsverfahrens‘ schon sehr vorsichtig sein muß, daß zum allermindesten dieses Verfahren für die Unterstufe eine prinzipielle Durchführung nicht zuläßt. — Eher halte ich fallweise die Möglichkeit dieses Verfahrens für die Oberstufe gegeben, vorausgesetzt, daß die Schüler auf der Unterstufe schon praktisch gearbeitet haben. — Ein geschicktes, der Art des zu behandelnden Stoffes und der Qualität des Schülermaterials angepaßtes, sorgfältig und wohl erwogenes Abwechseln zwischen beiden Verfahren dürfte am meisten und besten diejenigen Forderungen erfüllen, die man an die Schülerübungen stellen muß, will man ihnen Förderung des Unterrichts und damit Existenzberechtigung überhaupt zugestehen. — Die einseitige Durchführung des ‚Forschungsverfahrens‘ dürfte aber Resultate zeitigen, die der guten Sache, dem in der Idee der Schülerübungen liegenden, gesunden Kern nur schädlich wirken können.“

Es ist dringend zu wünschen, daß dem so gewissenhaften und eifrigen Verfasser bald Ge-

legenheit geboten wird, Schüler von der untersten Klasse an fortschreitend bis zur obersten in einem Physikunterricht auszubilden, in den Schülerübungen eingewebt sind. Er wird sicher dann erkennen, daß die ernstesten Bedenken hinfällig sind, die er in der vorliegenden Arbeit geäußert hat. Diese eingehende Besprechung soll dartun, welche große Bedeutung den fleißigen Untersuchungen PRODINGERS beizulegen ist.

In dem *Jahresbericht des Vereins für real-gymnasialen Mädchenunterricht (1. Vereinsjahr 1912/13; Verlag des Vereins, Wien, VIII, Lange Gasse Nr. 63)* veröffentlichte Professor LUDWIG E. TESAR eine Abhandlung über seine Erfahrungen bei dem naturwissenschaftlichen Unterrichte der Mädchen. Seine feinen Beobachtungen und anregenden Betrachtungen über das Unterweisen der weiblichen Jugend in Mathematik und Physik faßt er in dem Satze zusammen: „Ich bin erstens der festen Überzeugung, der Erfolg lehrt mich dies, daß meine Fächer eine wertvolle Erziehung für Mädchen vorstellen, aber ich betone zweitens, daß es nicht angeht, Wege und Ziele, die sich bei Knaben als gut erwiesen haben, änderungslos bei Mädchen zur Geltung bringen zu wollen.“<sup>16)</sup> Viele Mädchen erschauen unmittelbar den Zusammenhang der Dinge und ungeduldig halten sie für überflüssig, mühsam mit dem Verstande Beweise aneinanderzureihen, um eine Erkenntnis zu gewinnen. Jedoch bedürfen sie mehr als die Knaben einer starken Anregung durch eindrucksvolle Versuche. Der Unterricht in der Mathematik und Physik an den höhern Schulen für die weibliche Jugend ist ein noch schlecht bestelltes Feld. TESARS Beitrag ist daher freudig zu begrüßen. Seine Ausführungen über physikalische Schülerinnenversuche verdienen die Aufmerksamkeit aller, welche sich mit diesem Lehrverfahren beschäftigen.

Einen klaren Einblick in die Umgestaltung des physikalischen Unterrichts in der unbemittelten Arbeitsschule gewährt das Buch von MAX J. LANGGUTH.<sup>17)</sup> Der physikalische Unterricht in der Volksschule befindet sich auf einer unerquicklichen Durchgangsstufe. Die Handarbeit wird zu hoch und die Kopfarbeit zu niedrig geschätzt. Das Handwerk verdunkelt das physikalische Denken. Das unwesentliche Gestell tritt mehr hervor als die wesentlichen Geräteteile. Billige

<sup>16)</sup> Vgl. d. Zeitschr. 27, 119; 1914.

<sup>17)</sup> *Der physikalische Schülerversuch in der Volksschule.* Von MAX J. LANGGUTH. Mit 63 in den Text gedruckten Abbildungen. August Lax, Hildesheim und Leipzig, 1914. IV u. 188 S. Geh. 3 M., geb. 3,70 M.

<sup>15)</sup> HAHN, a. a. O. 144.



hinfällige Geräte sind kostspieliger als handfeste Vorrichtungen von langer Lebensdauer. Mag man auch die Sache ablehnen, so muß man doch den Verfasser loben. Mit unermüdlicher Tatkraft hat er alle äußeren Schwierigkeiten überwunden, die sich seinem Verfahren entgegenstellten. Frisch und lebendig verfiert er seine Sache. Doch sollte er EDUARD ENGELS *Deutsche Stilkunst* sorgfältig lesen und dann sein Buch umarbeiten. Es wird an Form, Inhalt und Wirkung bedeutend gewinnen. Aber auch in seiner gegenwärtigen Gestalt wird es jedem, der sich mit Schülerversuchen beschäftigt, wertvolle Anregungen geben.

H. Hahn.

**Zur Methodik des Wetterkunde-Unterrichts.** Originalbericht von Dr. R. HENNIG in Berlin-Friedenau.

Das erst seit wenigen Jahren wahrnehmbare, erfreuliche Streben, der Wetterkunde einen Platz im Lehrplan der Schulen zu gewähren, hat die dankenswerte Abfassung eines mir vorliegenden Büchleins<sup>1)</sup> veranlaßt. Der eine der beiden Verfasser, Professor an der Frankfurter Universität, der seit langem als Autor verschiedener wetterkundlicher Lehrbücher für die mannigfachsten Zwecke sich einen geschätzten Namen erworben hat, hat sich mit einem im praktischen Wetterkunde-Unterricht als Lehrer der Frankfurter Karmeliter Schule erfahrenen Schulmann zusammengetan, um diesen in seiner Art m. W. durchaus einzigen Wetterkunde-Leitfaden für Schulzwecke zu verfassen, der es denn auch in sehr kurzer Zeit zur 3. Auflage gebracht hat.

Daß Linke in knapper, übersichtlicher und leicht leslicher Art ein sehr brauchbares und empfehlenswertes Büchlein geliefert hat, wird für den Kenner der Linkeschen Lehrbücher nichts Neues sagen. Das Material ist in seiner Art vortrefflich, und der Lehrer wird den Leitfaden für den Schulunterricht sicher mit bestem Nutzen gebrauchen können. Zwei kleine sachliche Irrtümer seien für eine spätere Auflage richtiggestellt: auf S. 114 wird aus der Tatsache, daß infolge der Zentrifugalkraft der die rotierende Erde umgebenden Lufthülle der höchste Luftdruck sich am Äquator, der tiefste über den Polen finden müßte, gefolgert, daß die Winde vom Äquator zu den Polen strömen. Das ist zum mindesten nicht ganz klar ausgedrückt, da es ja wörtlich nur zutreffen würde, wenn die Ro-

tation der Erde plötzlich aufhörte. In der Tat findet sich ja auch der höchste Luftdruck nicht am Äquator, sondern im Bereich der „Rossbreiten“. Weiterhin wird auf S. 112 dieser Name „Rossbreiten“ mit dem „Weltumsegler Ross“ in Verbindung gebracht. Wenn nun auch der Ursprung des Namens nicht sicher feststeht (wahrscheinlich führt er auf die spanischen Pferdetransporte nach Amerika in der beginnenden Neuzeit zurück), so ist doch seine Ableitung vom Namen der beiden großen englischen Polarforscher unter keinen Umständen zulässig.

Diese unwesentlichen Einzelheiten tun dem Werte des Büchleins natürlich keinen Eintrag. Die Anordnung des Stoffes ist recht geschickt. Mit Recht wendet sich Linke gegen den anscheinend ziemlich weit verbreiteten Unfug, die Wetterkarte zum Ausgangspunkt des Schul-Wetterkundeunterrichts zu machen. Man soll ein Haus nicht mit dem Giebel anfangen und demgemäß das höchste und vornehmste Ziel jedes meteorologischen Unterrichts, das Verständnis der Wetterkarte und die Weckung des Interesses für ihre zunächst so unverständliche und doch so überaus wichtige Zeichensprache, auch an den Schluß des Lehrplans stellen. In dieser Forderung stimme ich mit Linke aus vollster Überzeugung überein. Vielleicht hätte Linke noch ein ebenso kräftig Wörtlein reden können mit den anscheinend gleichfalls verbreiteten und pädagogisch höchst ungeschickten, ja, geradezu bedenklichen Bestrebungen, die den Wetterkunde-Unterricht damit beginnen wollen, daß sie die Kinder möglichst viele Instrumente regelmäßig ablesen und die Beobachtungen vielleicht gar noch in umfangreiche Tabellen eintragen lassen. Dies ist die sicherste Methode, die Wetterkunde den Schülern von vornherein zu verleiden und den Unterricht zur Qual für Schüler wie für Lehrer werden zu lassen. Nur grobe Dilettanten, die lediglich beabsichtigen, auf irgend eine bequeme Weise den nun einmal vorgeschriebenen Wetterkunde-Unterricht abzuhaspeln, werden eine solche Methode benutzen, die das wichtigste pädagogisch-psychologische Grundgesetz außer Acht läßt: zunächst einmal Interesse für einen Lehrgegenstand zu erwecken, bevor man seine „wissenschaftliche“ Vertiefung anstrebt.

Das Linke-Clössnersche Lehrbuch vermeidet es glücklich, irgendwo den zweiten Schritt vor dem ersten zu tun. Es geht von der „Methodik des wetterkundlichen Unterrichts“ aus, erörtert dabei die Bedeutung von Wetter und Klima für die Menschen, stellt eine Art von Lehrplan auf und behandelt auch die Frage, wie die Schule die nötige Zeit aufbringen soll. Im zweiten Teil werden die einzelnen „meteo-

<sup>1)</sup> Dr. Franz Linke und Jakob Clössner: „Der wetterkundliche Unterricht“. 2. und 3. durchgesehene Auflage. Mit 52 Textfiguren, 7 farbigen Tafeln und vielen Tabellen. Frankfurt a. M., Franz Benj. Auffarths Verlag.

logischen Elemente und ihre Bedeutung“ betrachtet nebst den Instrumenten zu ihrer Beobachtung und Messung. Das 3. Kapitel gibt eine Anleitung zur „graphischen Darstellung der meteorologischen Beobachtungen“, das 4. und letzte bezieht sich auf „Wetterkunde und Wetterdienst“, behandelt also die Entstehung der Wetterkarte und das ganze Prognosenwesen. Eine Reihe von Tabellen ergänzen im Anhang die Ausführungen des Textes.

Trotz aller dieser Anerkennung für das vorliegende Lehrbuch möchte ich einer grundsätzlich abweichenden Auffassung Ausdruck geben, die ich zur Diskussion stelle, ohne irgendwie behaupten zu wollen, daß meine Ansicht unbedingt die richtigere ist. Linke hat sich meines Erachtens nicht ganz frei von dem Fehler gehalten, in dem ein von seinem Wissensgebiet begeisterter Fachgelehrter beim Entwurf von Unterrichts-Programmen nur gar zu leicht verfällt, daß er nämlich der Schule mehr Lehrstoff zuweist, als ihr billigerweise zugemutet werden sollte. Jeder Wetterkunde-Unterricht in der Schule, ja, jeder Unterricht überhaupt sollte sich stets bewußt bleiben, daß er nur allgemeine Kenntnisse vermitteln, nur ein Interesse am Stoff nach Möglichkeit wecken, nicht aber Fachgelehrte züchten soll. Das Linkesche Buch will zwar nicht gerade zünftige Meteorologen heranbilden, aber doch immerhin gut ausgebildete meteorologische Beobachter — und das kann und darf m. E. nicht Zweck des Schul-Wetterkundeunterrichts sein! In das offizielle Schulprogramm regelmäßige Instrumentalabmessungen aufzunehmen, halte ich für einen grundsätzlichen Fehler nicht leichter Art. Wo das Interesse bei den Beobachtungen bei Lehrern und Schülern auch nur im geringsten mangelt, verführt der Zwang des „vorgeschriebenen Lehrplans“ allzu leicht zur unsorgfältigen Erledigung einer lästigen Pflicht, ja, zur Abneigung gegen die Tätigkeit. Wer nicht Freude an der regelmäßigen täglichen Ablesung der Instrumente hat, der soll die Hände davon lassen — jeder Zwang führt grade bei diesem Unterrichtsgegenstand, der besondere Gewissenhaftigkeit verlangt, mit tödlicher Sicherheit zur Abneigung gegen die Wetterkunde überhaupt, oft genug vielleicht gar zu bewußter Täuschung in der Führung der Beobachtungs-Tagebücher. Ich möchte daher die Forderung aufstellen, daß die regelmäßige Ablesung der meteorologischen Instrumente und die Verarbeitung dieser Beobachtungen in Tabellen grundsätzlich nur der freiwilligen Übereinkunft von Lehrern und reiferen Schülern überlassen bleiben sollte. Das 3. Kapitel des Linke-

schen Buches und ein Teil des 2. kann daher m. E. aus dem Schullehrplan entfernt und mag in eine „Anleitung für Beobachter“ übernommen werden. Daß im einzelnen mit dem Beobachtungsschuldienst gute Erfahrungen gemacht sein mögen (wie aus dem Linke-Clössnerschen Lehrbuch klar zu erkennen ist), beweist nichts gegen die grundsätzliche Allgemeingültigkeit dieser pädagogischen Regel. Der Wetter-Beobachtungsdienst ist allgemein in besonders hohem Maße auf die freudige Hingabe und die persönlichste Anteilnahme seiner Jünger angewiesen, wenn er zu guten und brauchbaren Resultaten führen soll — darum soll und darf er auch in den Schulen nur freiwillig geleistet werden und hat demnach aus dem offiziellen Unterrichtsplan zu verschwinden.

Aus dem Schulunterrichtsplan kann aber auch noch manches andere verschwinden, dessen genauere Kenntnis für den berufsmäßigen Wetterbeobachter notwendig ist, nicht aber für den Schüler, wenigstens nicht, wenn man eben von dem Grundsatz ausgeht, daß diesem in erster Linie Interesse für die Wettervorgänge eingefloßt und nur die wichtigsten allgemeinen Kenntnisse vermittelt werden sollen. Bei dem notorischen Zeitmangel der Schulen kann man daher alle Kapitel der Meteorologie einfach auslassen, deren Erörterung erst bei einer speziellen Vertiefung in den Gegenstand erforderlich ist. So darf meines Erachtens die Schule ganz oder doch fast ganz verzichten auf Windmessung (Windschätzung tut's auch!), auf Niederschlagsmessung, auf das gesamte Gebiet der Luftfeuchtigkeit, auf Erdbodentemperaturen (wie sie zwar das Linkesche Lehrbuch ausscheidet, nicht aber z. B. das Schumachersche Lehrbuch für Schulen) und manche ähnlichen Spezialbeobachtungen, die der Mehrzahl der Schüler gar nichts zu bieten haben. Was soll man z. B. dazu sagen, daß etwa das schwierige Kapitel des „Taupunktes“ in den Lehrplan der Volks (!)-Schulen aufgenommen ist, ein physikalischer Begriff, dessen erste Erfassung selbst dem Meteorologie-Studierenden nicht leicht zu fallen pflegt und der das Durchschnittskind nur mit einem Schauer vor den „wissenschaftlichen Spitzfindigkeiten“ erfüllt und weder seinem Verstand noch seinem Gefühl etwas zu sagen hat. Selbst manche Lehrer und Lehrerinnen haben, wie ich aus Anfragen weiß, ihre liebe Not, wenigstens notdürftig den Sinn und Zweck so komplizierter Begriffe zu erfassen; einem kindlichen Gehirn diese Terminologie zuzumuten, grenzt m. E. an groben Unfug! — Heraus mit allen Stacheldrahthindernissen gelehrter Formeln und Sonderliebereien aus dem Schulunterricht! M. E. kann



sich das ganze meteorologische Instrumentarium und Anschauungsmaterial einer Schule, nicht nur aus Ersparnisgründen, sondern auch aus objektiver Notwendigkeit, beschränken auf: Thermometer, Barograph, Windfahne, Wetterkartentypen und gute bildliche Darstellungen der wichtigsten meteorologischen und klimatischen Erscheinungen. Wenns hoch kommt, mögen noch ein Maximum- und Minimum-Thermometer, ein Thermograph, ein Aneroid-Barometer hinzugenommen werden. Was darüber hinausgeht, ist, soweit es nicht für den fakultativen Beobachtungsdienst der älteren Schüler oder für den Physikunterricht dient, zum mindesten überflüssig, zum Teil eher schädlich als nützlich. Ich weiß, daß ich mit dieser radikalen Behauptung Widerspruch finden werde, aber ich bin bereit, sie zu vertreten.

Wenn das Linke-Clössnersche Lehrbuch somit, nach meinem Gefühl, in bezug auf seine gründliche Erörterung des Wetter-Beobachtungsdienstes das Lehrziel zu weit steckt, so wäre es nach anderer Richtung vielleicht noch mancher nützlichen Erweiterung fähig. Das erste Ziel des Wetterkunde-Unterrichts muß doch darin bestehen, dem Schüler die Augen zu öffnen für die umgebende Natur, ihn die „Zeichen des Himmels“ lesen zu lehren. Die gesamten bisherigen Schullehrbücher aber bringen m. E. viel zu viel Theorie und Instrumentenlehre und viel zu wenig praktische Wetterkunde. Auch im Linkeschen Lehrbuch, das doch manchen unbegreiflichen Fehler anderer Lehrbücher glücklich vermeidet und das im Vorwort sehr treffend betont: „Nur die wirklich erlebten Tatsachen können sich fruchtbar erweisen, sei es für das Verständnis der Wetterkarte oder für die Vertiefung und Klärung der Vorstellungen auf anderen Gebieten, die mit der Wetterkunde zusammenhängen“, selbst in ihm ist die durch Bilder erläuterte Betrachtung der Wolkentypen das einzige, was dem kindlichen Bedürfnis, zunächst selber zu sehen und zu greifen, gerecht wird. Sollte nicht ein ersprießlicherer Unterricht möglich sein, ein nachhaltigeres Interesse für Wetterfragen geweckt werden, wenn das Kind zunächst von den Dingen unterhalten wird, die es ganz von selber fesseln, von der Hitze und Kälte, die es am eigenen Leibe spürt, vom Donner und Blitz, die es fürchtet, von den zierlichen Schneekristallen und ihren mannigfachen Formen, von den drolligen Wolkengebilden, die am blauen Sommerhimmel dahinfliegen, vom Sturm, der die Bäume rüttelt? und wenn an derartige Hinweise eine vorsichtig tastende Belehrung über das Wesen der Vor-

gänge sich anschließt? Muß denn immer gleich das schwere wissenschaftliche Geschütz aufgefahren werden, und ist es wirklich ein Fehler oder ist es ein besonderes pädagogisches Geschick, wenn die Phantasie des Kindes als Bundesgenosse zur Weckung seines Interesses zu Hilfe gerufen wird? Das Interesse zu erregen, ist doch schließlich die erste und vornehmste Aufgabe jeden Unterrichts in der Schule, und um dies hohe Ziel zu erreichen, muß jedes Mittel recht sein. Ist das Interesse erst einmal da, so ist aller weitere Unterricht ein leichtes Spiel und eine Lust. Ist also die freie Anwendung solcher pädagogischen Kunstgriffe von Fall zu Fall nicht wertvoller als die strenge Einhaltung irgend einer „wissenschaftlichen Methode“?

Von solchen Anschauungen ausgehend möchte ich wohl in aller Bescheidenheit den Wunsch äußern, daß uns zu den vortrefflichen „fachwissenschaftlichen“ Lehrbüchern, die wir besitzen, einmal ein weiteres beschert werden möge, das den Lehrer anweist, sich mehr in den Anschauungs- und Interessenkreis der Kinderwelt einzufühlen, das ihm Anleitungen gibt, die Wetterkunde nach mehr praktischen Gesichtspunkten zu pflegen, das ihn befähigt, die besondere Bedeutung der einzelnen Witterungselemente für den Landmann und für den Großstädter (auch für den Krieg) zu behandeln, die lokalen Zeichen des Himmels zu deuten, dem Wetteraberglauben entgegenzutreten, den Wert und Unwert der Bauernregeln zu beurteilen, das noch weitverbreitete, ebenso lästige wie überflüssige atavistische Anhängsel der Gewitterfurcht zu bekämpfen bzw. auf ein vernünftiges Maß zurückzuführen usw. Daß von solchen rein praktischen Erörterungen ausgehend ein hervorragend gutes Lehrbuch geschrieben werden kann, dafür liegt der Beweis in dem ausgezeichneten Lehrbuch von Dr. Mylius: „Wetterkunde für den Wassersport“, in dem eine gründliche wissenschaftliche Schulung und ein vorzüglich scharfer Blick für das praktisch Brauchbare sich vereinigt haben, um eine ebenso eigenartige wie mustergültige Anleitung zu liefern. Was hier für den Wassersport möglich und ersprießlich war, sollte für das besondere Bedürfnis der Schulen erst recht eine Notwendigkeit sein. Ein solches praktisches Fundament des Wetterkunde-Unterrichts in den Schulen fehlt allen unsren bisherigen Lehrbüchern einschließlich des sonst so trefflichen Linke-Clössnerschen völlig — wer liefert es unseren Lehrern einmal nach?

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Die neueste Entwicklung der Fernphotographie.** Es ist früher wiederholt über die interessanten und wertvollen Arbeiten von Prof. A. KORN berichtet worden, welche die telegraphische Übertragung von Bildern zum Ziele hatten<sup>1)</sup>. Der im Jahre 1907 in praktische Verwendung genommene Apparatypus<sup>2)</sup> enthielt als Sender eine Selenzelle, deren Strom ein „Lichtrelais“ beeinflusste, welches die den Helligkeitsunterschieden im zu übertragenden Bilde entsprechenden Stromunterschiede vergrößert; die zur Verwendung gelangenden Ströme waren aber verhältnismäßig schwach. Neudings ist KORN jedoch zur Verwendung von stärkeren Strömen bei höheren Spannungen übergegangen, wodurch naturgemäß die Leistungsfähigkeit des Apparates wesentlich erhöht wird.

Hierzu hat der Erfinder für die in einem Bilde vorkommenden „Tönungen“, d. h. relativen Helligkeitswerte, eine Stufung in 14 Werte vorgenommen; diesen 14 Stufen entsprechen bestimmte Lochgruppierungen, welche mit Hilfe eines Stanzapparates, ganz ähnlich wie bei dem Schnelltelegraphen von Siemens & Halske<sup>3)</sup>, in einem Papierstreifen hervorgebracht werden.

<sup>1)</sup> Vgl. diese Zeitschr. 15, 375—376 (1902) und 21, 57—60 (1908).

<sup>2)</sup> Diese Zeitschr. 21, 58, Abb. 1 (1908).

<sup>3)</sup> Vgl. diese Zeitschr. 18, 107—112 (1905), besonders Tabelle S. 109 und Fig. 1, S. 110.

Für ein Bildnis sind 25000 Lichtwerte erforderlich, also ebensoviel Lochgruppen, welche in ungefähr einer Stunde fertiggestellt werden können.

Die Umwandlung dieser 25000 Stromstöße in Helligkeitswerte an der Stelle der Bildwiedergabe: im „Empfänger“, geschieht mit Hilfe eines einer Schreibmaschine ähnlich eingerichteten Tastenapparates. Je nach seiner Stärke setzt jeder Stromstoß eine bestimmte Taste in Tätigkeit, welche je nach ihrer Ordnungszahl dem zeichnenden Lichtfleck eine von 14 Größen bzw. Helligkeitsgraden gibt, genau entsprechend dem der gerade wirksamen Stelle des zu übertragenden Bildes im Sender. Selbstverständlich ist durch geeignete Vorkehrungen dafür Sorge getragen, daß die Bewegungen des sendenden Streifens und des aufnehmenden Papiere genau synchron und derart erfolgen, daß stets genau einander entsprechende Stellen im Streifenbilde und der Wiedergabe gleichzeitig sich im Sender bzw. im Wirkungsbereich des zeichnenden Lichtbündels befinden.

Es ist also bei der neuen Ausführung durch abgeänderte Einrichtungen bei gleichem Grundprinzip die Feinheit und Genauigkeit der Übertragung gegen früher wesentlich verbessert und damit einer weitergehenden praktischen Verwendung des interessanten Apparates in wirksamer Weise der Weg geebnet.

B. v. Czudnochowski.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

### Die Fortschritte der Physik im Jahre 1914.

Dargestellt von der Deutschen physikalischen Gesellschaft. 70. Jahrgang. I. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, physikalische Chemie, redigiert von K. Scheel. 431 S. II. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, Wärme, redigiert von K. Scheel. 664 S. III. Abteilung: Kosmische Physik, redigiert von R. Assmann. 430 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1915.

Das große Unternehmen ist auch für das schon teilweise in die Zeit des Weltkrieges fallende Jahr fast in alter Vollständigkeit, selbst hinsichtlich der wichtigsten Arbeiten aus den feindlichen Ländern erschienen. Nur für die 3. Abteilung wird bemerkt, daß eine Anzahl der bisherigen Mitarbeiter durch den Krieg verhindert worden sind, Referate zu liefern; es fehlen deshalb in dieser Abteilung die Referate über Astrophysik, in einigen andern Kapiteln

sind nur Literaturübersichten gegeben. In den beiden ersten Abteilungen treten die Abschnitte über Prinzipien der Mechanik (Relativitätstheorie) und über Strahlungen als besonders reichhaltig hervor. P.

**Repertorium der Physik.** Von Rudolf H. Weber und Richard Gans. I. Band: Mechanik und Wärme. I. Teil: Mechanik, Elastizität, Hydrodynamik und Akustik, bearbeitet von R. Gans und F. A. Schulze. Mit 126 Figuren im Text. 434 S. Leipzig, B. G. Teubner 1915. Geb. M. 8,—.

Das Werk soll, ähnlich den von Pascal für die Mathematik herausgegebenen, in erster Stelle dem ein Wegweiser sein, der sich über ein Gebiet, worin er selbständig zu arbeiten denkt, zu orientieren wünscht; daneben soll es auch dazu dienen, sich über ferner liegende Gebiete bequem zu unterrichten. Es wird daher über



allgemeine Probleme eingehender berichtet als über Einzelfragen, auf Vollständigkeit im Zahlenmaterial ist weniger Wert gelegt, dagegen sind sehr reichhaltige Literaturnachweise gegeben. Der Inhalt dieses Bandes gehört fast ausschließlich der mathematischen Physik an, nur gelegentlich sind einige Bemerkungen über die experimentelle Feststellung prinzipiell wichtiger Größen eingestreut; etwas reichlicher sind die Beziehungen zum experimentellen Teile in dem von F. A. Schulze verfaßten akustischen Abschnitt. Immerhin dürfte das Buch zutreffender als ein Repertorium der theoretischen Physik zu bezeichnen sein und kann als solches zur Einführung in die Hauptfragen des Gebiets von Nutzen sein. P.

**Methodik des naturwissenschaftlichen Unterrichts.** Von Dr. L. Imhäuser, Seminarlehrer in Wetzlar. Zweite Auflage unter Mitwirkung von K. Bernau. Breslau, 1915, Ferdinand Hirt. 188 S., M. 2,80.

In dieser kurz gefaßten Methodik des Volksschulunterrichts interessiert uns hier nur der auf Naturlehre bezügliche Teil. Er enthält eine historische Skizze, in der namentlich auch die Verdienste von Bernhard Schwalbe eingehend gewürdigt werden. Bei der Besprechung der Lehrmittel wird vor allem davor gewarnt, Apparate statt von einem bewährten Mechaniker durch einen Zwischenhändler zu beziehen. Diesem Krebschaden in der Versorgung der Schulen mit Unterrichtsmitteln kann nicht oft und energisch genug entgegengetreten werden. Auch darauf wird hingewiesen, daß manches sich gelegentlich fast ohne Kosten beschaffen läßt, so die Bestandteile eines Monochords. Zur Selbstherstellung von Lehrmitteln wird dem Lehrer eine Reihe von Anleitungen an die Hand gegeben. In betreff der Stoffauswahl wird je nach der Art der Schulen unterschieden, für mehrklassige Schulen wird neben der Physik auch etwas Chemie gefordert. Für Mittelschulen wird eine zweckmäßige Gliederung an der Hand der amtlichen Bestimmungen anempfohlen; für das Lyzeum stellt K. Bernau die Verteilung gemäß den Lehrplänen von 1908 dar. In betreff der Stoffanordnung werden die verschiedenen Standpunkte kurz besprochen und gegenüber der Gliederung nach „Individuen“ die Gruppierung in konzentrischen Kreisen und nach „sachlichen“ Gesichtspunkten bevorzugt. Für die Behandlung des Stoffes wird die Befolgung der Formalstufen in der von Rein eingeführten Anordnung empfohlen. Erfreulich ist, daß auch auf die Wichtigkeit der Schülerübungen hingewiesen wird, und daß für die verschiedenen Möglichkeiten

der Durchführung je nach der Art der Schulen praktische Ratschläge gegeben werden. Dabei wird als Regel die Trennung der Übungen von der eigentlichen Werkarbeit angesehen, doch wird die Anregung nicht unterschätzt, die sich für die private Selbstbetätigung der Schüler aus den Übungen ergibt. Den Schluß des empfehlenswerten Bändchens bilden einige Unterrichtsbeispiele: Planspiegel, Kohlensäure, kohlen-saurer Kalk. P.

**Lehrbuch der Physik** für die oberen Klassen höherer Lehranstalten. Im Anschlusse an denselben Verfassers „Grundzüge der Physik“ bearbeitet von Prof. Dr. H. Püning. 10. Auflage. Mit 380 Figuren und 1 Spektraltafel. Münster i. W., Aschendorff, 1915. 359 S. Geb. M. 3,70.

Das Buch, dessen dritte Auflage in dieser Zeitschrift (1904) angezeigt wurde, hat sich, wie die wachsende Zahl der Auflagen erkennen läßt, im Unterricht an höheren Lehranstalten bewährt und bedarf keiner erneuten Empfehlung. Bemerkenswert ist, daß der Verfasser von der sechsten Auflage an immer mehr theoretische Ableitungen mathematischen Charakters beseitigt hat; in der vorliegenden sind wiederum einige solche, „wohl die letzten entbehrlichen“, gestrichen, um sie dem Universitätsstudium zu überlassen. Nur fundamentale Ableitungen, wie die der barometrischen Höhenformel, sind beibehalten. Man wird das Zurücktreten der mathematischen Seite der Physik hier und da bedauern, indessen drängt die Fülle der experimentellen und technischen Fortschritte den Unterricht immer mehr in diese Richtung. Der Verfasser hat diesen Fortschritten durch zahlreiche Einfügungen in den Text Rechnung getragen und dem Buch dadurch einen durchaus modernen Charakter gegeben. P.

**Lehrbuch der Physik** für den Schul- und Selbstunterricht. Von Konrad Fuß und Georg Hensold. Mit zahlreichen Schülerübungen und Rechenaufgaben, einer Spektraltafel und 491 Textbildern. 13. und 14. vermehrte und verbesserte Auflage. Allgemeine Ausgabe. Freiburg i. B., Herder, 1915. 607 S. Geb. M. 7,20.

Das Buch, dessen frühere Auflage wiederholt in dieser Zeitschrift (zuletzt XII, 310) angezeigt worden ist, hat zwei tüchtige bayrische Seminarlehrer zu Verfassern und ist zunächst für den Unterricht an Präparandenanstalten und Seminaren bestimmt, hat sich aber auch an einer Reihe höherer Lehranstalten, namentlich in Bayern, eingeführt. Dem Umfang entsprechend ist die Darstellung so ausführlich, daß das Buch

auch für den Selbstunterricht geeignet erscheint, soweit ein solcher für das doch vorwiegend experimentell zu behandelnde Unterrichtsfach überhaupt in Betracht kommt. Es ist anzuerkennen, daß die Verfasser bestrebt gewesen sind, das Buch auf der Höhe der Zeit zu halten, wovon besonders auch die Abschnitte über Ionentheorie und über Radioaktivität Zeugnis ablegen. Weniger Beifall verdient der § 189 über Spannungsercheinungen am offenen galvanischen Element, der zu sehr im Stil altmodischer Dogmatik gehalten ist; irreführend ist auch die zugehörige Figur, an der zwei mit 0,75 Volt weitspreizende Doppelpendel dargestellt sind. Dem Text des Lehrbuchs vorangestellt sind einige Seiten über physikalische Schülerübungen, zu deren Einrichtung recht zweckmäßige Anleitungen gegeben werden. Auch ein Verzeichnis solcher Übungen, die im Notfall auch im Lehrzimmer für Physik vorgenommen werden können, ist beigefügt. Die vorliegende Ausgabe dürfte wegen ihres Umfangs für höhere Lehranstalten weniger in Betracht kommen, die gekürzte Ausgabe (11. und 12. Auflage, 1913) hat dem Referenten nicht vorgelegen.

P.

#### Das Anwendungsproblem. Von Edgar Zilsel.

Ein philosophischer Versuch über das Gesetz der großen Zahlen und die Induktion. Leipzig, 1916, J. A. Barth. M. 5,—.

Die Heinrich Gomperz gewidmete, aus der Dissertation des Verfassers entstandene Arbeit versucht einen neuen Beitrag zur Lösung des alten Problems zu bringen, wie es zu erklären ist, daß das Rationale auf das Irrationale, das Bestimmte auf das Unbestimmte, mit andern Worten Logik, Mathematik und Naturwissenschaft auf die Wirklichkeit anwendbar sind. Die Lösung des Verfassers geht, wie der Untertitel sagt, vom sogen. „Gesetz der großen Zahlen“ aus. In einem einleitenden Teil bespricht er zunächst dieses Gesetz selbst, sowie die damit aufs innigste zusammenhängenden Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung, erörtert kritisch eine Anzahl der bisherigen Lösungsversuche dieser Fragen, und weist ihren Zusammenhang mit einer Reihe anderer Begriffe und Probleme nach, nämlich der „Allverschiedenheit“, der „Inhalt-Umfang-Relation“, der Einheit der Naturgesetzlichkeit und dem Induktionsverfahren. — Nunmehr entwickelt er im ersten logisch-mathematischen Teil zunächst mit Hilfe eines eigens hierfür gebildeten logischen Kalküls die Grundlage seiner späteren Beweisführung, nämlich den „Satz von der durchgreifenden Inhaltsabnahme“. Darunter versteht Z. eine Verengung der allgemein aus der Logik bekannten „Inhalt-Um-

fangs-Relation“. Nach ihm gilt nämlich: Mit wachsendem Umfang nimmt der Inhalt (eines Begriffs) ab und zwar so, daß schon nach endlicher nicht allzugroßer Umfangszunahme mit Ausnahme der etwa festgehaltenen alle echten Inhaltsteile abgenommen haben“. — Nach einem kurzen naturphilosophisch-metaphysischen Exkurs (Teil II) gibt der Verfasser dann im dritten und Hauptteile zunächst einen Beitrag zur Theorie der Induktion. Er findet als notwendige (aber nicht hinreichende) Bedingungen für die Möglichkeit der Induktion zwei Sätze, welche als allgemeine Erfahrungsurteile gelten müssen: 1. „Es gibt Partialursachen“, d. h. „wir leben in einer Welt, in der man Umstände vernachlässigen darf und doch etwas weiß“ und 2. Es gibt „natürliche Gruppen“ (Umfänge), d. h. „wenn sich eine Gruppe von Merkmalen oft zusammenfindet, so gibt es stets ein unbekanntes u, das jedes einzelne dieser Merkmale involviert“ (und eben dieses u konstituiert dann den fraglichen „Umfang“). — Es folgt dann die abschließende Behandlung der Theorie der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik und endlich als wichtigster Punkt das „Anwendungsproblem“ selbst, dessen Lösung der Verfasser in folgenden Satz zusammenfaßt (S. 169): „Das Gegebene ist unbestimmt, es ist aber andererseits ein stets noch zu ergänzendes Bestimmtes. Bei diesem unendlichen Prozeß der Bestimmung, bei der „Rationalisierung“ können wir Menschen uns dem Ziel nur dann nähern, wenn das Unbestimmte (d. h. die Wirklichkeit) als notwendiger Bedingung der durchgreifenden Inhaltsabnahme genügt“. — In eine sachliche Kritik der Entwicklungen des Verfassers einzutreten ist hier nicht der Ort, und ich möchte mir deshalb auch keinerlei Urteil über die Tragweite der Untersuchungen desselben erlauben. Es sei jedoch gestattet, zweierlei Vorzüge der Arbeit besonders hervorzuheben; zum ersten den frischen und lebendigen Stil und die bei aller philosophischen Terminologie stets leicht verständliche Ausdrucksweise, zum andern die große Fülle anregender Bemerkungen, durch die der Verfasser die behandelten Fragen nach allen möglichen Seiten historisch sowohl, wie sachlich aufs treffendste zu beleuchten versteht. Schon um dieser in- struktiven Vielseitigkeit willen sei die Lektüre des Buches bestens empfohlen.

Bavink, Bielefeld.

#### Elektrochemie wässriger Lösungen. Von

Dr. Fritz Foerster, o. Prof. an der Techn. Hochschule zu Dresden. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 186 Abbildungen im Text. Leipzig 1915, Joh. Ambr. Barth. XVIII + 804 S. Geh. M. 30.—, geb. M. 31,50.



Das Werk ist der erste Band des rühmlich bekannten Handbuches der angewandten physikalischen Chemie in Einzeldarstellungen, herausgegeben von Georg Bredig, zugleich der erste Band der Sammlung, der neu aufgelegt werden mußte. Das ist kein Zufall, denn auf keinem Gebiet der Technik haben die Lehren der physikalischen Chemie so früh Eingang und so weitgehende Anwendung gefunden wie auf dem der Elektrochemie, die ja lange das Schoßkind der Forscher und Techniker war. In den zehn Jahren, die seit dem Erscheinen der ersten Auflage verflossen sind, haben sich unsere Grundanschauungen kaum geändert, aber eine fast unübersehbare Kleinarbeit ist geleistet worden, die die Neuherausgabe des Handbuches zu einer mühseligen Arbeit machte.

Von dieser Schwierigkeit merkt man beim Lesen des stattlichen Bandes nichts: alles ist klar und aus einem Guß, obwohl alles neue Material gewissenhaft verarbeitet worden ist. Wissenschaftliche Erklärung und technische Anwendung werden stets im engen Zusammenhang besprochen, die sehr zahlreichen Abbildungen der Apparaturen und Schaltungen, die Kurventafeln sind wundervoll klar und instruktiv. Die Vorzüge des Buches gehen wohl am besten aus dem kurzen Urteil hervor: es ist als Lehr- und Nachschlagbuch gleich gut. *W. Roth-Greifswald.*

**Physik und Chemie** für Lyzeen und höhere Mädchenschulen, von Siemon und Wunschmann, II. Teil **Chemie** für die Klassen III bis I, Neubearbeitet von Oberlehrer Dr. E. Aselmann. Mit 101 Figuren. 6. Aufl. Breslau 1915, Ferd. Hirt. VI u. 118 S. Geb. M. 1,40.

Ogleich das Unterrichtswerk von Siemon und Wunschmann bereits in sechster Auflage vorliegt, kann ein Methodiker dem chemischen Bändchen gegenüber, insbesondere seinem ersten, grundlegenden Teil gegenüber, nicht ganz wunschlos sein. Bevor der Begriff „Grundstoff oder Element“ eingeführt wird (§ 3, S. 5), ist es doch wohl nötig, eine Zerlegung auszuführen, nicht bloß von ihr zu reden. Der Benutzung des Begriffs „Verbindungsgewicht“ (§ 11, S. 16) ist kein einziger wägender oder messender Versuch vorausgegangen. Der Satz von der „Unzerstörbarkeit des Stoffes“ (§ 12, S. 19) kommt wie ein Blitz aus heiterem Himmel ohne jede Ableitung. Die Einführung der Wertigkeit erfolgt viel zu früh (§ 13, S. 19), ohne die geringste experimentelle Grundlage; und dieser Begriff gehört doch zu den allerschwierigsten. Es sind die allgemeinen Begriffe und Sätze dem anschaulichen Inhalt vorausgeschickt, statt langsam aus ihm entwickelt. Der Versuch 6 des § 2 (S. 4) soll

die Gewichtszunahme beim Verbrennen einer Kerze zeigen, aber in der angegebenen Anordnung sinkt die Wagschale mit dem Lichtstümpfchen nach einiger Zeit, auch wenn dieses nicht brennt.

Nach der methodisch nicht befriedigenden Einführung ist das Buch im zweiten Teil — chemische Zusammensetzung organischer Stoffe — und im dritten Teil — Ergänzung der unorganischen Chemie — empfehlenswert. Als Anhang sind ein paar Seiten über Kristallsysteme beigegeben.

*B. Winderlich, Oldenburg i. Gr.*

**Chemie** für Fortbildungsschulen. Von Horst Metzler, Oberlehrer. Leipzig u. Berlin 1915, B. G. Teubner. 126 S.

Metzlers Buch ist aus Vorträgen entstanden, die in amtlichem Auftrage vor Lehrern gehalten worden sind. Man darf also eine gehaltvolle Arbeit erwarten, aber man wird sehr schnell bitter enttäuscht. „Über das Wesen der chemischen Verbindungen klärt vorzüglich die Elektrolyse des Wassers im Hofmannschen Apparate auf . . . Der Elektrolyt Wasser wird nun in zwei farblose Gase zerlegt“ (S. 13). Über diese Elektrolyse ist in dieser Zeitschrift hinreichend geredet worden. Kennzeichnend ist für das Buch, daß es die irreführenden Worte in Fettdruck bringt. Bezeichnend ist auch „folgender Schluß: Die Verbindung Wasser läßt sich nach ganz bestimmten Raum- und Gewichtsverhältnissen in ihre Elemente zerlegen. Dies aber gilt für alle Verbindungen. Zudem gestattet dieser Satz die Umkehr, so daß man sagen kann: Die Elemente vereinigen sich nach ganz bestimmten Raum- und Gewichtsverhältnissen miteinander zu Verbindungen“ (S. 14). Es fehlt jeglicher Versuch, um die Berechtigung der Umkehr des Satzes für Wasserstoff und Sauerstoff auch nur anzudeuten, und die schwerwiegende Verallgemeinerung bereitet dem Verfasser auch keine Sorge. — „Man lasse Natrium nicht zu lange an der Luft liegen, da es sich entzünden könnte“ (S. 19). In Wahrheit kann man Natriummetall an der Luft schmelzen, ohne daß es, vorsichtige Behandlung vorausgesetzt, zur Entzündung kommt. — „Die stärkere Schwefelsäure vertreibt die schwächere Salzsäure aus deren eigenem Salz: Das Starke verdrängt das Schwache“ (S. 32). Erstens ist die Salzsäure „stärker“ als die Schwefelsäure, zweitens ist aus dem Buche nirgends zu ersehen, was man sich unter der Stärke einer Säure eigentlich denken soll, drittens ist der fettgedruckte allgemeine Satz falsch. — Daß die Phlogistonlehre bereits

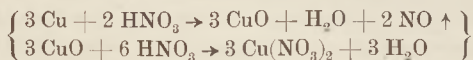
im Altertum bekannt war (S. 9) ist eine so interessante Entdeckung, daß der Herr Verfasser gebeten wird, sie durch eine Abhandlung zugänglich zu machen.

Es mag mit diesen Proben genug sein. Wenn das Vorwort als Ziel des Buches hinstellt, „den Seminaristen und jeden, der sich selbst unterrichten will, also jeden Schüler im weitesten Sinne möchte es einführen in die wichtigsten Abschnitte der Chemie: und zwar auf induktivem Wege,“ so kann man dem Verfasser nur raten, die bisher geleistete Arbeit auf dem Gebiete des chemischen Unterrichts durchzugehen, er wird dann selbst einsehen, daß er das gesteckte Ziel verfehlt hat.

*R. Winderlich, Oldenburg i. Gr.*

**Grundriß der Chemie für Lehrer- und Lehrerinnen-Seminaristen und verwandte Lehranstalten.** Von Prof. Konrad Kraus, Hauptlehrer an der k. k. Lehrerbildungsanstalt in Wien, und Prof. Dr. H. Böttger, Oberlehrer am Dorotheenstädtischen Realgymnasium in Berlin. Mit 62 Holzschnitten. 6. Aufl. 222 S. Leipzig 1915, A. Pichlers Witwe & Sohn. Geb. M. 1,70.

Dem ansprechend geschriebenen und gut durchdachten Buche von Kraus und Böttger kann man aufrichtig noch zahlreiche Auflagen wünschen. Es sind dem Berichterstatter nur geringfügige Kleinigkeiten aufgefallen, die ihm verbesserungswürdig erscheinen: Auf S. 13 befindet sich ein seltsames Versehen; mit dem Eudiometer solle die „für die Schifffahrt günstige Luft“ gemessen werden. Das ist unmöglich, das Gerät war ursprünglich erdacht, um die Atembarkeit der Luft zu bestimmen. Auf S. 43 ist die Gleichung für das Auflösen von Kupfer in Salpetersäure zur Erläuterung in zwei Teile zerlegt, wobei angenommen wird, daß sich zuerst Wasserstoff bildet, der dann oxydiert wird. Von einer so stark reduzierenden Wirkung des Kupfers wissen wir nichts, wohl aber ist es allgemein bekannt, daß die Salpetersäure heftig oxydierend wirkt, daß sie z. B. Schwefel und Kohle zu Schwefelsäure und Kohlendioxyd oxydiert. Will man also die summarische Gleichung zergliedern, so wird man die beiden Teile folgendermaßen zu schreiben haben:



Sinnentsprechendes gilt von den Gleichungen für die Auflösung des Kupfers in Schwefelsäure (S. 91).

*R. Winderlich, Oldenburg i. Gr.*

**Vorschule der Chemie.** Von W. Schwarze. Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 67 Abb. im Text. Leipzig und Hamburg, Leopold Voß, 1915. XII u. 176 S. Geb. M. 2,40.

Die neue Auflage des brauchbaren Buches unterscheidet sich von der hier (XXV, 130) besprochenen ersten in der Hauptsache durch die rechtzeitige Eingliederung der chemischen Zeichensprache. Von den übrigen, damals beanstandeten Mängeln — Arbeiten der Schüler mit gefährlichen Stoffen, mit gelbem Phosphor, Kalium, Natrium, Arsenwasserstoff, Chlor, Brom und Flußsäure; Verwendung der berüchtigten „Elektrolyse des Wassers“; einige Schiefheiten des Ausdrucks — ist nichts getilgt.

*R. Winderlich-Oldenburg i. Gr.*

**Leitfaden für die chemischen Schülerübungen** zur praktischen Einführung in die Chemie. Von Prof. Dr. E. Löwenhardt, Halle. 3. Aufl. Mit 12 Fig. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1914. 123 S. M. 1,80, geb. M. 2,40.

Die vorliegende neue Auflage des Leitfadens, dessen Wert erst neulich wieder an dieser Stelle (28, 342) im Zusammenhange mit anderen, die Schülerübungen betreffenden Erscheinungen näher gekennzeichnet wurde, läßt wiederum verschiedene Verbesserungen erkennen. Es sei daher von neuem empfehlend auf den bewährten Leitfaden hingewiesen. O.

**Kurze Anleitung zur Gewichtsanalyse.** Übungsbeispiele zum Gebrauche beim Unterricht in chemischen Laboratorien. Bearbeitet von Dr. L. Medicus, Prof. a. d. Univ. Würzburg. 6. Auflage. Mit 12 Abbild. Tübingen, 1913, H. Laupp. 208 S., M. 3,—, geb. 3,80.

Das treffliche Buch bietet zunächst in einer kurzen Einleitung Anweisungen über die Vorbereitung und Ausführung der Gewichtsanalyse, sowie über Wägen und Berechnen. Dann werden in mehr als hundert Übungsbeispielen an chemischen Stoffen, Legierungen und insbesondere zahlreichen Mineralien die wichtigsten speziellen Manipulationen und Trennungsmethoden mit großer Klarheit erörtert. Gerade wegen der zahlreichen Mineralanalysen ist das Buch auch für Übungsleiter von chemischen Schülerübungen an höheren Lehranstalten wertvoll und sei daher allgemeiner Beachtung empfohlen.

*O. Ohmann.*

**Die 32 kristallographischen Symmetrieklassen und ihre einfachen Formen.** Von Dr. E. A. Wülfing, o. Prof. d. Mineralogie und Petrogr. a. d. Univ. Heidelberg. 2. gänzlich umgestaltete und erweiterte Auflage. Mit 8 Tafeln und 260 Textfiguren. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1914. 48 S. Groß-8<sup>o</sup> (ohne die Doppeltafeln). M. 4,40.

Das Buch wendet sich an jene Klassen der Forscher, die sich in dem Streben nach einer



allgemeinen naturwissenschaftlichen Bildung nur vorübergehend mit Krystallographie beschäftigten. Die Darstellung ist zwar elementar gehalten, aber doch von zwingender Schärfe, auch von großer Anschaulichkeit, da sie sich auf eine Fülle von außerordentlich instruktiven (nur manchmal etwas zu stark verkleinerten) Figuren stützt. Das Buch behandelt eine Sache, die auch den chemisch-mineralogischen Unterricht der Realanstalten angeht. Wie weit dieser Unterricht der neuen Auffassung zu folgen hat, ist eine Frage, die trotz mancher wertvoller Ansätze noch nicht genügend geklärt erscheint. Zugegeben ist von vornherein, daß die Naumannsche Auffassung — von der sich die neuere Darstellung grundsätzlich abwendet — mancherlei Mängel für den Unterricht hat, und daß dieser Unterricht mehr Gewicht als bisher auf die Symmetrieverhältnisse zu legen hat. Andererseits muß der Unterricht zuerst möglichst einfach und der Regel nach induktiv vorgehen, wie dies gerade der älteren Auffassung, im besonderen der einfachen Darstellungsweise von Christian Samuel Weiß entspricht, während die neuere, an sich wundervoll klare Auffassung doch ein gut Maß geübter stereometrischer Anschauung voraussetzt. Es ist aber anzunehmen, daß auch eine rein deduktive Darstellung, wie sie zum Wesen der neueren Auffassung gehört, sich hinreichend induktiv wird vorbereiten lassen. Hierfür lassen sich aus der vorliegenden Schrift schon verschiedene Anhaltspunkte herausfinden. Maßgebend ist, daß durch die durchgreifende neuere Auffassungsweise weder die klare Weißsche Symbolik noch etwa die sieben Krystallssysteme aus der Welt geschafft werden sollen.

Für jeden, der sich mit der modernen krystallographischen Klassifikation näher bekannt machen will, kann die vorliegende Schrift, die gleichsam ab ovo beginnt, als eine vorzügliche Einführung aufs wärmste empfohlen werden.

O. Ohmann.

**Die Kupferversorgung Deutschlands** und die Entwicklung der deutschen Kupferbörsen. Von Ewald Reinhardt, D. H. H. C. Heft IV der

„Kölner Studien zum Staats- und Wirtschaftsleben“. Bonn 1913, A. Marcus und E. Webers Verlag. 100 S. nebst 4 Diagrammen. M. 3,20.

Das Buch ist bereits vor dem Beginn des Krieges erschienen, und hat nun durch diesen Weltkrieg, in welchem das Kupfer eine so bedeutende Rolle spielt, ein besonderes aktuelles Interesse erhalten. An der Hand zahlreicher statistischer Übersichten wird ein ausgezeichnet anschauliches Bild von der großen Steigerung der Kupfergewinnung und des Kupferverbrauchs sowie von den Grundlagen und der Organisation der Kupferversorgung entworfen. Ebenso eingehend wird aber in der zweiten Hälfte der Arbeit die Entwicklungsgeschichte der deutschen Kupferbörsen, die Organisation dieser Börsen, die Börsengeschäfte in Kupfer und die Erfolge der Börsen behandelt. Wenn auch das Buch in erster Linie den Bedürfnissen der Handelskreise entgegenkommt, so verdient es durchaus allgemeineres Interesse und bietet auch für den Unterricht viel Wissenswertes.

O.

**Anleitung für das Praktikum in der Gewichtsanalyse.** Von Dr. R. Weinland, Prof. a. d. Univ. Tübingen. 2. Aufl. Tübingen, J. Mohr, 1913. 114 S. M. 2,60, geb. und durchschossen M. 3,80.

Die erste Auflage der vorliegenden Arbeit war im Selbstverlage des chemischen Laboratoriums der Universität Tübingen erschienen, so daß diese Auflage die erste für den Buchhandel darstellt. Das klar und leicht verständlich geschriebene Buch gibt keine besonderen allgemeinen Anweisungen, sondern verknüpft sie, sofern sie nicht überhaupt Sache der praktischen Unterweisung sind, mit den bestimmten Beispielen, deren Reihe mit dem Kupfersulfat beginnt. An 64 Beispielen werden die wichtigsten Methoden der Gewichtsanalyse, die Trennungen, die elektrolytischen Abscheidungen und die elektrolytischen Trennungen übersichtlich und gründlich behandelt. Hierbei ist vielfach die Frageform gewählt, und der Praktikant muß die Antwort selbst suchen. Das Buch wird sicherlich in akademischen Kreisen viel Anklang finden.

O.

### Korrespondenz.

Das diesem Heft beigegebene Bildnis Ernst Machs ist nach einer Gelegenheitsaufnahme angefertigt, die im Sommer 1892 von dem k. k. Hauptmann Ludwig David im militärgeographischen Institut in Wien mit Hilfe eines Brillenglases hergestellt worden ist. Hierbei sei auch die Todesanzeige mitgeteilt, die

Mach selbst aufgesetzt hat und die seinem Wunsche gemäß nach seiner Feuerbestattung veröffentlicht werden sollte:

„Bei seinem Ausscheiden aus dem Leben grüßt Professor Ernst Mach alle, die ihn kannten, und bittet, ihm ein heiteres Andenken zu bewahren.“

## Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1916.

♿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0<sup>h</sup> = Mitternacht.

	Juni						Juli					
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
♿ { AR D	4 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>	4.47	4.40	4.40	4.48	5. 4	5.27	5.58	6.36	7.20	8. 5	8.49
	+ 20 <sup>o</sup>	+ 19	+ 18	+ 18	+ 18	+ 20	+ 21	+ 22	+ 23	+ 23	+ 22	+ 20
♀ { AR D	7 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>	7.26	7.25	7.19	7.10	6.58	6.44	6.32	6.22	6.15	6.13	6.15
	+ 24 <sup>o</sup>	+ 23	+ 22	+ 22	+ 21	+ 20	+ 19	+ 18	+ 18	+ 17	+ 17	+ 17
☉ { AR D	4 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	5.13	5.34	5.55	6.16	6.36	6.57	7.18	7.38	7.58	8.18	8.38
	+ 22,6 <sup>o</sup>	+ 23,0	+ 23,3	+ 23,4	+ 23,4	+ 23,2	+ 22,8	+ 22,3	+ 21,5	+ 20,7	+ 19,7	+ 18,5
♂ { AR D	10 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	10.34	10.43	10.53	11. 3	11.13	11.23	11.34	11.44	11.55	12. 6	12.17
	+ 11 <sup>o</sup>	+ 10	+ 9	+ 8	+ 7	+ 6	+ 5	+ 4	+ 2	+ 1	0	- 1
♃ { AR D		1.43		1.50		1.56		2. 2		2. 6		2.10
		+ 9		+ 10		+ 11		+ 11		+ 11		+ 12
♄ { AR D	7 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>						7.23					
	+ 22 <sup>o</sup>						+ 22					
☉ Aufg. Unterg.	3 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	3.40	3.39	3.39	3.40	3.42	3.46	3.51	3.57	4. 3	4.10	4.17
	20 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	20.19	20.22	20.24	20.24	20.24	20.22	20.19	20.14	20. 8	20. 1	19.54
☾ Aufg. Unterg.	7 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	13.48	20.39	23.11	0.10	3.16	9. 6	15.33	20.36	21.59	—	4.33
	23 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	0.17	2.24	9.24	15.59	20.42	22.12	23.34	3.48	11.10	17.14	19.54
Sternzeit im mittl. Mittag	4 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	5.13.54	5.33.37	5.53.20	6.13. 3	6.32.46	6.52.28	7.12.11	7.31.54	7.51.37	8.11.19	8.31. 2
Zeitgl.	- 1 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	- 0.49	+ 0.12	+ 1.16	+ 2.21	+ 3.23	+ 4.19	+ 5. 7	+ 5.44	+ 6. 8	+ 6.19	+ 6.16

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung. Sommerzeit = mitteleurop. Zeit (M.E.Z.) + 1 Stunde.

**Sommersolstitium am 21. Juni, 19<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> M.E.Z.**

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
				Juni 9, 0 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	Juni 15, 22 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	Juni 22, 14 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>		
		Juni 30, 11 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	Juli 8, 12 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	Juli 15, 5 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	Juli 22, 0 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>			

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	unsichtbar	abends anfangs noch als Abendstern, etwa 2 Stunden lang sichtbar; in der zweiten Monatshälfte des Monats wird der Planet unsichtbar	abends nur noch 3 bis 1 Stunde lang im W. sichtbar	wird anfangs des Monats morgens sichtbar, gegen Ende 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Stunden lang.	anfangs abends noch kurze Zeit sichtbar; in der ersten Monatshälfte wird der Planet unsichtbar
im Juli	unsichtbar	anfangs unsichtbar, da am 3. in unterer Konjunktion; in der zweiten Monatshälfte bereits wieder für kurze Zeit im NO. als Morgenstern sichtbar	zuletzt nur noch 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Stunde lang sichtbar	zuletzt bereits 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden lang in der späteren Nacht sichtbar	unsichtbar; Konjunktion am 12.

Eine im größten Teile von Deutschland **unsichtbare, partielle Mondfinsternis** findet am Morgen des 15. Juli statt. Nur westlich von der Linie Münster i. W.—Landshut wird der um 4 Uhr 19 Minuten M. E. Z. stattfindende Anfang der Finsternis noch vor dem Untergang des Mondes sichtbar sein.

Eine in Deutschland ebenfalls **unsichtbare, ringförmige Sonnenfinsternis** findet am frühen Morgen des 30. Juli statt. Die Finsternis wird ringförmig nur auf dem australischen Kontinent und in Tasmanien sichtbar sein.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

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