

Versuche mit verbesserten Gabelelektroskopen.

Von

Landesschulinspektor Dr. Karl Rosenberg in Graz.

Unter den zahlreichen Formen der Elektroskope erfreuen sich die sogenannten Gabelelektroskope mit Recht wachsender Beliebtheit, besonders seit Prof. Fr. Busch diesen Apparaten eine ebenso bequeme wie leicht herstellbare Form gegeben hat¹⁾. Die Gabelelektroskope gehören zu den „Demonstrationselektroskopen“, von denen man in erster Linie gute Sichtbarkeit der Ausschläge, ferner bequeme Verwendbarkeit und zuverlässige Wirkungsweise bei der Vorführung der elektrostatischen Grundversuche verlangt, wogegen man an die Empfindlichkeit nicht allzu hohe Ansprüche stellt; es sollen vielmehr diese Apparate etwas derber als die feinen Blattelektroskope konstruiert sein, damit sie auch durch stärkere Ladungen keinerlei Schaden nehmen²⁾.

Längere Studien mit selbstgefertigten Gabelelektroskopen haben mich nun zu verschiedenen kleinen Verbesserungen geführt, die vielleicht nicht ohne Interesse für die Allgemeinheit sein dürften, wenn auch — was zur Vermeidung von Mißverständnissen im vorhinein betont sein möge — die Grundform der zu beschreibenden Apparate mit den Buschschen Elektroskopen völlig übereinstimmt.

Es möge gestattet sein, zunächst die Herstellung der Apparate zu beschreiben. Aus hartem Messingdrahte von 2 mm Dicke — am besten aus gerade gezogenem Stabmessing — stellt man durch recht sorgfältiges Biegen eine Art rechteckigen Rähmchens von der in Fig. 1 dargestellten Form her. Die Höhe des Rähmchens soll ungefähr 16 cm, seine Breite 1,5 cm betragen; der Seitenarm soll etwa 9—10 cm lang sein. Es obwaltet natürlich gar kein Hindernis, den Apparat in anderen Dimensionen, vor allem auch größer herzustellen; selbstverständlich erhöht sich dann aber die Kapazität, was bei gewissen Versuchen unangenehm ist; auch leidet die Stabilität des Instrumentes, besonders wenn Kondensatorplatten, Faradaysche Becher u. dgl. aufgesetzt werden sollen. Die oben angegebenen Dimensionen haben sich beim Gebrauche in ziemlich großen Lehrsälen als vollkommen genügend erwiesen.

Bei *a* und *a'* werden die Drahtenden von jedem scharfem Grate befreit und

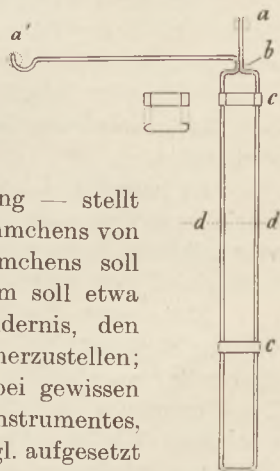


Fig. 1.

¹⁾ Vgl. diese Zeitschrift X, 247 und XX, 105, ferner desselben Verfassers kleine Schrift: 100 einfache Versuche zur Ableitung elektrischer Grundgesetze. (Münster i. W., Aschendorffsche Buchhandlung.) Eine andere Form von Gabelelektroskopen rührt von J. Fischer her (diese Zeitschrift XV, 291). Das Prinzip dieser Apparate hat auch F. Braun bei seinen vorzüglichen absoluten Elektrometern (diese Zeitschrift V, 61) verwendet. Die älteste Form solcher Gabelelektroskope zeigt uns vielleicht das Schäffersche Strohhalmelektroskop, das H. Bohn in seiner wertvollen Veröffentlichung: Physikalische Apparate und Versuche einfacher Art aus dem Schäffermuseum (Berlin, Salle 1902) auf S. 110 beschreibt und abbildet.

²⁾ Zu diesen Apparaten gehören auch meine einfachen „Papierpendelelektroskope“ (diese Zeitschrift XVIII, 354).

tunlichst abgerundet. Es können hier auch kleine hohle Metallkugeln³⁾ aufgesteckt werden, die aber eigentlich völlig entbehrlich sind. Dagegen erscheint es empfehlenswert, das Drahtende mit etwas Lötzinn zu überziehen. Man taucht es hierzu in etwas Lötzwasser, erhitzt es und bringt ein Stückchen Lötzinn daran, das sich bei fortgesetztem Erhitzen unter leichtem Drehen und — wenn nötig — neuerlichem Aufbringen von Lötzwasser recht gleichmäßig um das Drahtende herumzieht und dabei allenfalls verbliebene scharfkantige Stellen einhüllt. Bei *b* werden die Innenseiten beider Drahtteile flach gefeilt, damit sie sich innig berühren; sodann wird die Fuge verlötet. Dies geschieht am einfachsten, indem man beide Drahtteile mit dünnem Drahte zusammenbindet, dann die Stelle in der Brennerflamme erhitzt, mit Lötzwasser betupft, mittels einer gewöhnlichen Pinzette ein Stückchen Weichlot auf die Fuge legt und das Erhitzen so lange fortsetzt, bis das Lot in die Fuge eindringt und sie völlig ausfüllt. Nach Abspülen mit Wasser und Abtrocknen, löst man den Bindedraht ab und feilt Vorder- und Rückseite sorgsam eben. Man schneidet ferner aus etwa 0,3 mm starkem Messingblech Streifchen von 2,3 cm Länge und 5 mm Breite und biegt ihre Enden um ein rundes Hölzchen oder Metallstäbchen (Fig. 1, Nebenfigur). Zwei von den so vorbereiteten Streifchen befestigt man bei *c* und *c'* (Fig. 1) an dem Drahträhmchen, indem man ihre Enden mit der Flachzange anfaßt und sie um den Draht des Ständers so lange einrollt, bis der Drahtrahmen bei *c* und *c'* durch die Streifchen fest überbrückt erscheint; dabei muß die eine Überbrückung (bei *c*) über die Rückseite, die andere (bei *c'*) über die Vorderseite des Rähmchens gelegt sein. Die beiden Überbrückungen halten bei guter Ausföhrung durch bloße Reibung hinlänglich fest; andernfalls können sie mit geringer Mühe festgelötet werden. Die Entfernung der oberen Brücke beträgt (von ihrer Mitte aus gemessen) vom oberen Rande des Rähmchens 1 cm, jene der unteren 11 cm vom oberen, also ungefähr 5 cm vom unteren Ende des Rähmchens. In der Mitte zwischen beiden Brücken (bei *dd'*, Fig. 1) wird mittels einer feinen Laubsäge in beide Drahtteile ein etwa bis zur halben Drahtdicke reichender Schnitt gemacht, so daß die Schnittrichtung möglichst senkrecht auf der Längsachse des Rähmchens steht. Damit ist dieser Teil der Vorrichtung fertig vorbereitet.

Es möge gleich bemerkt werden, daß man, um die Mehrzahl der später beschriebenen Versuche ausführen zu können, mindestens zwei, für einige Versuche sogar vier möglichst kongruente Apparate benötigt. Man wird daher gut tun, alle Bestandteile gleich von vornherein in der gewünschten Anzahl herzustellen.

Als Zeiger des Elektroskopes dient ein leichtes Röhrchen aus grellfarbigem dünnen Seidenpapier (auch Blumenpapier genannt). Zwei Elektroskope stattet man mit roten, zwei andere mit grünen Zeigern aus (die Begründung ergibt sich später). Die Herstellung der Röhrchen ist nun jener Teil der Arbeit, der am schwierigsten erscheinen dürfte. Aber mit Unrecht! Bei genauer Einhaltung der nachstehenden Anleitung wird man auf sicheres Gelingen rechnen können.

Die Röhrchen werden — ähnlich wie sehr dünne Zigarettenhülsen — durch Umwickeln des Seidenpapiers um einen recht dünnen runden Stab hergestellt. Als solchen würde ich Rundstahl von 2,2 bis 2,5 mm Dicke empfehlen, der in Stücken von beliebiger Länge⁴⁾ im Handel erhältlich ist. Man kauft davon einige Stücke und befreit ihre Enden zunächst sorgsam von jenen Vorsprüngen und scharfen Kanten, die durch das Abscheren der Stücke entstanden sind. Dann schneidet man aus dem Seidenpapiere Streifen von 10—15 mm (oder mehr) Breite und stellt aus ihnen durch schräggeführte Schnitte schmale Parallelogramme (Fig. 2) von etwa 13 cm Höhe her.

³⁾ Tombakkugeln von 5 mm—20 mm Durchmesser sind erhältlich bei J. G. Petzold und Sohn, Wien, VII, Burggasse 52/54.

⁴⁾ Nach altem Maße „ein Fuß oder ein Schuh lang“, daher in Österreich noch jetzt als „Schuhstahl“ bezeichnet.

Einen solchen Streifen legt man auf eine reine Papierunterlage, legt den Rundstahl senkrecht zu den kurzen Seiten darauf (gestrichelte Gerade in der Figur) und biegt das Seidenpapier derartig zum Zylindermantel, daß zuerst die Ecke *a* um den Stab gerollt wird; durch Vorwärtsrollen des Rundstahles bildet sich die Röhre, wobei man vorläufig nur soweit einrollt, daß die ganze Kante *bc* noch frei auf der Unterlage liegt. Nun bestreicht man mit einem möglichst wenig wasserhaltigen Klebemittel einen recht schmalen Streifen längs dieser Kante, schiebt dann den Rundstahl samt dem Seidenpapierröhrchen, indem man ihn an die Unterlage gut andrückt, etwas zurück (um spätere Berührung des Röhrchens mit auf der Unterlage verbliebenem Klebstoff zu vermeiden) und rollt endlich die Röhre vollends zusammen. Abgesehen davon, daß man auf diese Art weit leichter saubere Röhrchen erhält als beim Einrollen rechteckiger Papierblättchen, erzielt man dadurch noch einen besonderen Vorteil. Da sich nämlich der Klebstoff beim Trocknen immer etwas zusammenzieht, wirft sich das Röhrchen zumeist; bei der beschriebenen Art der Herstellung verläuft jedoch die Klebestelle nach einer Schraubenlinie um das Röhrchen (in einem oder in mehreren Schraubengängen je nach Wahl des Parallelogrammwinkels), wodurch ein Krümmwerden der Röhre beim Trocknen vermieden wird. Nach dem Zusammenkleben überzeugt man sich durch geringes Hin- und Herschieben des Röhrchens davon, daß das Seidenpapier nirgends durch Klebstoff (der vielleicht durch unvorsichtige Arbeit an den Stahlstab geraten sein könnte) festklebt; im übrigen beläßt man das Röhrchen bis zum völligen Trocknen auf dem Stahlstabe und bestreicht nach dem Trocknen die geklebte Stelle mit dem Fingernagel oder mit einem glatten Falzbein; dadurch wird eine völlige Streckung — auch der geklebten Stellen — gesichert. Erst dann wird das Röhrchen vom Stahlstabe herabgeschoben. Noch mögen einige Kleinigkeiten erwähnt werden. Als Klebstoff für diese Arbeit erschien am geeignetsten Syndetikon in Tuben. Man drückt einen kleinen Tropfen aus der Tube, taucht die Spitze eines kleinen spitzen Pinsels (am besten eines Marderhaarpinsels) hinein und bestreicht damit, wie oben beschrieben, den Rand *bc*; je weniger Klebstoff man aufträgt, um so sauberer fällt das Röhrchen aus. Bei den ersten Übungen wähle man den Papierstreifen so breit, daß mehrere Umläufe des Papiers um den Stab stattfinden. Man wird bald eine solche Fertigkeit erlangen, daß man sogar Röhrchen mit einfacher Papierlage herstellen kann; es verschlägt aber aus später zu besprechenden Gründen gar nichts, wenn man sich mit den weit leichter herstellbaren Röhrchen mit 2 bis 3 Papierlagen begnügt.

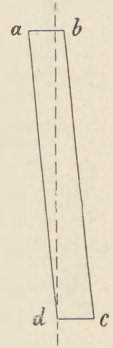


Fig. 2.

Nach dem Trocknen des Röhrchens und vor dem Herabschieben der Seidenpapierhülle vom Stahlstabe klebt man um die Mitte des Röhrchens ein 3—4 mm breites Streifchen aus gutem Schreibpapier. Ist dies völlig trocken geworden, so durchsticht man zunächst mit einer sehr feinen Nähnadel, die man in einen Griff, bestehend aus einem kleinen Holzstückchen, befestigt hat, den Papiergürtel, so daß die Richtung des Stiches möglichst genau durch die Zylinderachse, und zwar auf ihr normalstehend hindurchgeht. Dann erweitert man die beiden Öffnungen durch Einstecken einer etwas stärkeren Nähnadel (ebenfalls in Holzgriff). Auch kann man mit einer glühend gemachten Nadel die Öffnungen erweitern und von einem innen befindlichen Papiergrate befreien, wodurch die Öffnung völlig scharfkantig begrenzt wird; da jedoch dazu eine sehr ruhige Hand gehört und man andernfalls mehr verderben als nützen könnte, wird man dies wohl zumeist unterlassen müssen.

Als Achse für das Röhrchen dient wieder eine möglichst feine Nähnadel (Fig. 3). Nachdem rechts und links vom Röhrchen je eine kleine Glasperle auf die Nadel geschoben wurde, legt man die letztere in den Schnitt *dd'* des Drahtrahmens (Fig. 1). Durch zwei kleine Blechfedern (ähnlich wie in Fig. 1, Nebenfigur) befestigt man das Röhrchen provisorisch und verlötet nun mit einem kleinen meißelförmigen Lötkolben

beiderseits die Fugen, in denen die Nähnadel liegt. Es ist dies sehr leicht und einfach zu machen, indem man zunächst die Stelle mit etwas Lötwasser betupft und dann den gut verzinnnten und hinreichend heißen LötKolben mit seiner Schneide einige Augenblicke lang auf die Fuge bringt. Nach vorsichtigem Reinigen der Lötstelle kneipt man die seitlich hervorstehenden Nadelenden ab und feilt einen etwa vorhandenen Grat ab. Erst dann werden die beiden Glasperlen auf der Nadel fixiert, indem man an der Außenseite der Perlen mit einem zugespitzten Hölzchen ein kleines Tröpfchen eines rasch trocknenden Klebmittels — Syndetikon oder noch besser Zelluloid in Azeton⁵⁾ — aufbringt; natürlich darf dabei zwischen Papierröhrchen und Glasperle kein Klebmittel eindringen und soll auf jeder Seite des Papierröhrchens ein freier Spielraum von 0,5—1 mm Breite bleiben.



Fig. 3.

Nun gilt es noch, einen standfesten und gut isolierenden Fuß herzustellen. Hierzu schneiden wir uns aus gutem Zigarrenkistchen- oder Laubsägeholz kreisrunde Scheiben von 7—8 cm Durchmesser und ebenso große Blei- und Holzplatte verbinden wir durch einige kleine Nägel (von der Bleiseite aus in das Holz einzuschlagen). In die Mitte der Holzscheibe schlagen wir einige kleine Drahtstiftchen so ein, daß die Köpfchen noch 2—3 mm über der oberen Fläche der Holzscheibe stehen (Fig. 4). Ferner rollen wir einen 3 cm breiten Streifen aus dünnem Bleche um irgendeinen zylindrischen Gegenstand von 2,5 cm Dicke und binden ihn mit weichem Eisendraht, den wir mehrmals herumwickeln, fest. Nach dem Herausziehen des verwendeten Zylinders ergibt sich ein kleiner Zylindermantel (Fig. 5).



Fig. 4.

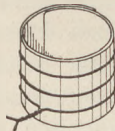


Fig. 5.

Diesen stellen wir auf die Brettchenunterlage möglichst genau zentriert auf, legen Zeige- und Mittelfinger der linken Hand auf seine Oberkante und gießen geschmolzenes und nicht allzu heißes Paraffin zunächst nur soweit ein, daß die hervorstehenden Nagelköpfe davon bedeckt sind. Sodann warten wir geduldig ab, bis das Paraffin zu erstarren beginnt, was sehr bald der Fall ist, da der metallische Blechmantel die Wärme rasch ableitet. Nach dem völligen Erstarren stellen wir die soweit vorbereitete Unterlage auf die Tischplatte, befestigen den Drahtrahmen (Fig. 1) in genau vertikaler Lage in einem Retortenhalter und verschieben dessen Klammer derartig, daß der untere Teil des Drahtrahmens reichlich 1 cm tief in den Zylindermantel hineinragt (Fig. 4). Dann gießen wir den Hohlraum völlig mit (nicht überhitztem!) Paraffin aus, wobei wir der Zusammenziehung der erkaltenden Masse wegen noch einige Male etwas Paraffin nachgießen müssen. Nach völligem Erkalten und Erstarren des Paraffins (wan warte lieber etwas länger zu!) entfernen wir den Retortenhalter, worauf der Draht um die Blechhülse vorsichtig entfernt und der Blechstreifen abgelöst wird. Ist die Arbeit gelungen, so sitzt der Drahtrahmen in einem sauberen zylindrischen Paraffinblocke fest, welcher letzterer wieder sehr fest auf dem Grundbrettchen haftet.

Hinsichtlich des zu verwendenden Paraffins sei bemerkt, daß nur jene Sorte des Paraffins brauchbar ist, die E. Merck in Darmstadt als Paraffin solidum der Pharm. Germanica IV, Schmelzpunkt 74—76° C führt; andere Sorten des Hartparaffins schmelzen schon bei 46—48° C; hat man solches benützt, so wird bisweilen schon in der Sommerwärme der Paraffinblock so weich, daß der Drahtständer einfach umsinkt. Bei Verwendung der schwerer schmelzbaren Sorte habe ich ähnliches niemals beob-

⁵⁾ Vgl. mein Experimentierbuch, I. Bd., S. 70 u. 72.

achtet, und ist die Zuverlässigkeit der Isolierung einfach unübertrefflich, indem die Ladung der Elektroskope auch unter ungünstigen atmosphärischen Verhältnissen stundenlang fast unverändert bleibt.

Nunmehr ist das Elektroskop auf die gewünschte Empfindlichkeit zu regulieren. Man erhöht oder erniedrigt dieselbe, indem man den Schwerpunkt des Röhrchens durch Abkürzen des unteren bzw. oberen Röhrchenendes mit einer scharfen Schere etwas nach oben bzw. nach unten verlegt. Die Erhöhung der Empfindlichkeit hat dabei eine Grenze, die sich teilweise aus dem Zwecke des Instrumentes, teilweise aus praktischen Gründen bestimmt. Die Elektroskope sollen einerseits — wie gleich eingangs angedeutet wurde — derbere Ladungen vertragen, also nicht zu empfindlich sein. Andererseits muß man dem Röhrchen doch so viel eigenes Drehmoment lassen, daß das emporgehobene Röhrchen von selbst zuverlässig in die vertikale Ruhelage zurücksinkt und sich an die beiden Blechbrücken cc' (Fig. 1) anlehnt. Da eine — wenn auch geringe — Achsenreibung immer vorhanden ist, muß man ihr Rechnung tragen, indem man den Schwerpunkt des Röhrchens nicht allzu hoch nach dem Drehungspunkt hin verlegt.

Für einzelne der nachstehend beschriebenen Versuche erscheint es erwünscht, die Elektroskope mit einer geeichten Skala zu versehen. Wohlgermerkt handelt es sich dabei nur um eine Skala, die uns mit roher Annäherung relative Werte des Potentials angibt, etwa Werte, die sich verhalten wie 1:2:3:4. Daher kann die Anfertigung und Eichung der Skaleneinrichtung folgendermaßen geschehen. Die Skala wird auf einem nach Fig. 6 ausgeschnittenen Blechstücke aufgezeichnet; als Material dafür ist Aluminiumblech von 0,3 mm Stärke⁶⁾ am besten geeignet. Die genaue Form des Skalenbleches wird zuerst auf dünner Pappe vorgezeichnet; sie ergibt sich aus der sofort zu beschreibenden und aus den Figuren 6, 7 und 8 wohl ohne weiteres verständlichen Art der Befestigung des Skalenbleches. Dieses wird nämlich in einen Längsspalt festgekeilt (Fig. 7), den man mit einer starken Laubsäge in ein kurzes Prisma (k) aus Holz (von einem „Kantel“ abgeschnitten) einschneidet. Dieses Prisma kann zwischen zwei doppelt rechtwinklig gebogenen Blechstücken (a und a') eingeschoben werden, die an dem Grundbrettchen des Elektroskopes mit Schraubchen befestigt werden (Fig. 8). Das Holzstückchen mit dem Skalenblech wird dabei soweit vorgeschoben, bis es an den Paraffinblock anstößt, wobei die vordere Fahne des Skalenblechs (f in Fig. 6) zwischen die beiden Drahtteile des Elektroskopständers hineinragt (Fig. 8), ohne den Ständer selbst irgendwo ableitend zu berühren. Das untere Ende des Papierröhrchens soll sich auf einem Kreisbogen bewegen, dessen Radius (r in Fig. 6) etwa um 2—3 mm kleiner ist als der Radius des Skalenquadranten (R in Fig. 6).

Bevor nun über die Eichung selbst gesprochen wird, möge eine kleine Überlegung vorangeschickt werden. Es ist naheliegend, daß die Einteilung der gewünschten Skala mindestens annähernd einem „Tangentengesetze“ folgen muß; die trigonometrische Tangente des Ausschlagswinkels dürfte nämlich der jeweilig im

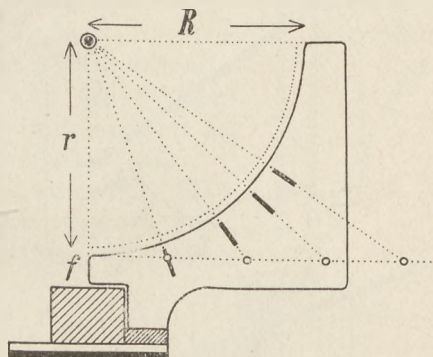


Fig. 6.

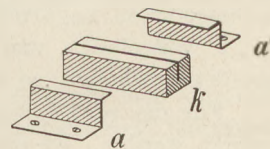


Fig. 7.

⁶⁾ Vgl. H. Rebenstorff, Wage u. Gewichte für Schüler, ein Beispiel der Anwendbarkeit von dünnem Aluminiumblech. Period. Blätter für Realienunterricht und Lehrmittelwesen. XII. Jahrg. S. 74ff. Die Bezugsquelle dafür ist Basse & Selve, Hüttenwerke usw. in Altena, Westfalen. Preis (vor dem Kriege) per Kilogramm 10 M.

Schwerpunkte des Röhrchens in horizontalem Sinne wirkenden resultierenden Ablenkungskraft proportional sein, welche Abstoßungskraft von der Ladung des vertikalen Drahtständers auf die gleichnamige Ladung des Papierröhrchens ausgeübt wird. Somit könnte eine nach Werten von den relativen Größen 1, 2, 3, 4 ... fortschreitende Skala konstruktiv nach dem in Fig. 6 angedeuteten Verfahren ermittelt werden. Zahlreiche Versuche zeigten, daß dies um so besser mit der Wirklichkeit stimmt, je genauer es geglückt ist, gewisse mechanische Vorbedingungen bei der Ausführung des Apparates zu erreichen; hierzu gehört vor allem, daß der Schwerpunkt des Röhrchens genau in der Längsachse des letzteren gelegen ist und ähnliches. Unzweifelhaft ist es aber, daß sich an unserer Skala für wachsende Werte des Potentials die Skalenteilstriche immer näher aneinander drängen müssen, somit Änderungen des Potentials um so weniger bemerkbar werden, je höher der jeweilige Potentialwert ist. Dies vorausgeschickt, wird das folgende

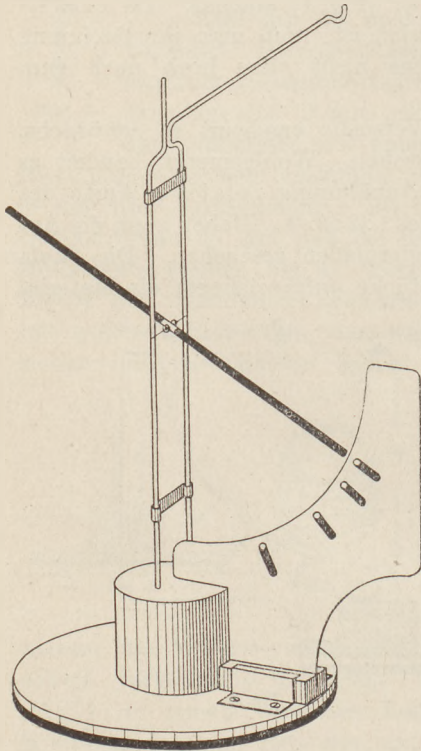


Fig. 8.

sehr einfache und durchsichtige Eichungsverfahren uns eine zwar nur rohe, für unsere Zwecke aber ausreichende Einteilung liefern. Laden wir ein solches Elektroskop, bis der Zeiger einen Ausschlag von etwa 60° (nicht mehr!) zeigt, markieren seine Stellung am Skalenblech und schieben nun ein zweites ungeladenes und dem ersten möglichst kongruentes Instrument so heran, daß die beiden einander zugekehrten Seitenarme ($a'b$ in Fig. 1) sich berühren, so muß die vorhandene Ladung sich auf zwei gleichgroße Kapazitäten hälften. Wird also der Anfangswert des Potentials als „4“ bezeichnet, so liefert der Index nun auf der Skala einen Punkt, der dem Potentialwerte „2“ entspricht. Nach Entfernen und Entladen des zweiten Elektroskopes kann ebenso durch neuerliche Berührung beider Elektroskope der Potentialwert „1“ gefunden werden⁷⁾. Der noch fehlende Wert „3“ kann entweder nach dem Augenmaße (näher an 4 als an 2) eingeschaltet werden; oder man verbindet die beiden Elektroskope I und II miteinander (durch Berühren der Seitenarme) und überträgt die auf dem Elektroskope I nach dem vorhin beschriebenen Verfahren ermittelten Skalenspunkte 1, 2 und 4 auch auf das Elektroskop

II, indem man das vereinigte System beider Apparate schrittweise auf die Potentialwerte 1, 2 und 4 aufladet und jedesmal auch auf dem Skalenblech des Elektroskopes II die betreffende Lage markiert. Wird sodann das Elektroskop I auf „4“, dagegen II auf „2“ aufgeladen, und werden hierauf beide bis zur Berührung der Seitenarme aneinander geschoben, so ergibt sich auf beiden der gesuchte Skalenspunkt „3“.

Für die praktische Ausführung des beschriebenen Verfahrens möge noch folgendes bemerkt werden. Es dürfte erwünscht sein, daß von einer Gruppe von vier Elektroskopen alle Stücke möglichst gleiche Empfindlichkeit besitzen. Man stellt daher — noch vor der Eichung — die Instrumente so aneinander, daß das erste mit seinem Seitenarme an den Ständer des zweiten anstößt, dieses ebenso das dritte berührt usw.

⁷⁾ Vgl. hierzu diese Zeitschrift III, 166; daselbst bespricht F. Poske diese einfache, wohl auf Saussure zurückzuführende Methode und empfiehlt sie in seinem didaktisch höchst bedeutenden Aufsätze für die Zwecke des Unterrichtes.

Sodann wird das System der vier Elektroskope geladen und kann nun, wenn es erforderlich erscheint, durch entsprechendes Kürzen der Papierröhrchen leicht erreicht werden, daß alle vier Zeiger gleich große Ausschläge geben.

Die vorläufige Markierung der Skalenpunkte erfolgt durch kleine Tupfen, die man mit einem Pinsel, der in rasch trocknenden schwarzen Lederlack getaucht wird, aufträgt. Die erhaltenen Punkte werden natürlich durch Wiederholung des Vorgangs einige Male nachgeprüft und dann erst durch etwa 3 mm breite, radial geführte Strichmarken (vgl. Fig. 6 u. 8) dauernd bezeichnet. Am oberen Ende jedes Striches bohrt man durch das Skalenblech ein kreisrundes Loch von 2—3 mm Durchmesser; am saubersten kann dies mit einer „Perforierzange“ gemacht werden. Dadurch erhält man auch in einem Schattenbilde sowie auch beim Projizieren der Skala deutliche Marken und kann nun auch die Striche der Skala auf die Rückseite des Skalenbleches übertragen.

Hat man auf einem Instrumente die Skalenpunkte 1, 2, 3, 4 genau bestimmt, so kann die Teilung auf die übrigen Instrumente einfach übertragen werden, indem man die letzteren mit dem ersten Instrumente leitend verbindet und dann, wie vorhin schon angedeutet, schrittweise zu den bereits für das erste Instrument bestimmten Potentialwerten aufladet und die Marken auf die übrigen Instrumente überträgt.

Selbstverständlich wird diese Arbeit erleichtert, wenn man in der Sammlung bereits über ein verläßlich geeichtes Instrument, z. B. über ein Braunsch'sches Elektrometer mit der Skala von 0 bis 3500 Volt, verfügt. Man verbindet dann dieses „Normalinstrument“ mit dem zu eichenden Apparate und überträgt auf den letzteren etwa die Skalenteile 500, 1000, 1500 und 2000 Volt; die von mir angefertigten Apparate zeigen etwa dieselbe Empfindlichkeit wie das erwähnte Braunsch'sche Elektrometer, geben also bei 2000 Volt ungefähr 60° Ausschlag. Aber auch so ausgeführte Skalen prüfe man vor den Augen der Schüler nach dem beschriebenen „Hältungsverfahren“! Dieses Verfahren wird den Schülern als a priori klar besonders einleuchten und ihr Interesse wird bei späterer Verwendung der Apparate sicherlich ein erhöhtes sein.

Wenn man die Apparate minder sorgsam ausgeführt hätte (wenn z. B. die Achsenreibung der Röhrchen eine zu große wäre), müßte man bei dem beschriebenen Eichungsverfahren die richtige Einstellung durch wiederholtes leises Klopfen auf das Grundbrettchen befördern und sicherstellen, bevor man die Markierung vornimmt⁸⁾. Wer nur einigermaßen genau arbeitet, wird seine Freude daran haben, wie die Eichung der Apparate sich allen Prüfungen gegenüber bewährt. (Vgl. auch den später beschriebenen Versuch 23.)

Als wertvoll erscheint es, daß bei diesen Apparaten die Skalen jederzeit leicht entfernt werden können; denn die Eichung wird nur bei einzelnen Versuchen ausgenutzt, in den übrigen Fällen ist das Skalenblech überflüssig, manchmal sogar geradezu im Wege.

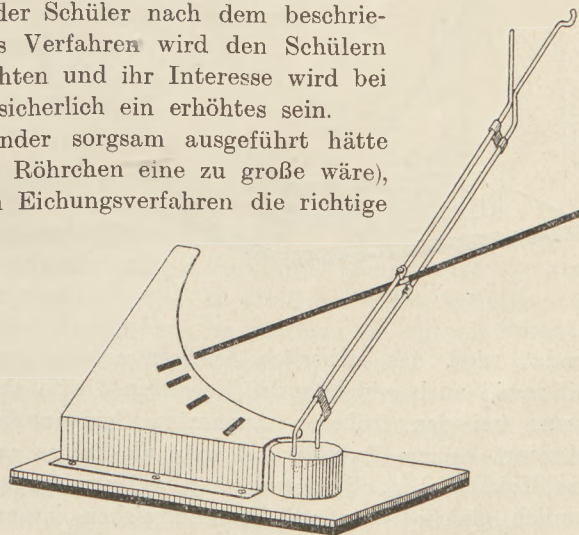


Fig. 9.

⁸⁾ Bisweilen haftet auch das Papierröhrchen eines kräftig geladenen Elektroskops an dem Ständer und schlägt erst nach leisem Klopfen auf das Fußbrettchen aus. Es handelt sich hier offenbar um dieselbe Erscheinung, wie sie zweifellos jeder Physiker bei Anstellung des bekannten Grundversuches oftmals beobachtet hat: die leichten Holundermark- oder Papierkörperchen haften an dem geriebenen Stabe und werden vielleicht erst nach einiger Zeit oder beim Annähern der Hand abgestoßen. Die Lehrbücher hüllen sich dieser Tatsache gegenüber freilich in geheimnisvolles Stillschweigen.

Eine abgeänderte Form des Apparates zeigt uns die wohl ohne weiteres verständliche Fig. 9. Hier schwingt das Papierröhrchen in einer unter 30° gegen die Horizontale geneigten Ebene. Unter sonst gleichen Verhältnissen erzielt man dadurch ungefähr die doppelte Empfindlichkeit. Diese Apparate, die von mir in größeren Dimensionen hergestellt wurden (die mit zwei Papierlagen hergestellten Röhrchen sind ungefähr 20 cm lang), genügen hinsichtlich der Sichtbarkeit der Ausschläge auch in den größten Hörsälen mit stärker ansteigendem Podium. Die Achseneinrichtung der Papierröhrchen ist hier allerdings etwas anders ausgeführt als bei den aufrecht stehenden Elektroskopen. Wie Fig. 9 erkennen läßt, sind die beiden Längsteile des Drahtrahmens an zwei Stellen etwas verstärkt worden. Hierzu wurden die betreffenden Stellen mit einem schmalen Blechstreifen mehrmals dicht umwickelt, dieser sodann durch und durch gut verlötet und sodann auf der Innenseite des Rahmens flachgefeilt. Die oben liegende Verstärkung erscheint durchbohrt, und setzt sich die Bohrung in derselben Richtung (senkrecht auf die langen Teile des Drahtrahmens) auch in die untere Verstärkung, jedoch nur bis zur halben Metalldicke, fort; es entsteht dadurch dort ein kleines Lager. Ein entsprechend langes Stück einer feinen Nähnadel ist durch das Papierröhrchen gesteckt, das mit hinlänglicher Reibung auf der Nadel festsitzt. Indem man zuerst das (stumpfe) Ende des Nadelstückchens von unten nach oben durch die obere Öffnung hindurchschiebt, bringt man das untere (spitze) Nadelende in das untere Lager. Damit das obere, scharfkantige Nadelende nicht oben aus dem Rahmen hervorsticht, ist dort eine kleine Glasperle angeklebt (vgl. Fußnote 5).



Fig. 10.

Endlich zeigt Fig. 10 eine Ausführung des Apparates als „Entladungselektrometer“⁹⁾. Das Röhrchen ist hier aus gut leitendem Goldpapier ausgeführt; der Entladungsbügel ist schlittenartig verschiebbar; wie die Figur andeutet, läßt sich aus 3 Kantelstückchen und 2 Blechstreifen eine förmliche Präzisionsverschiebung herstellen. Dieses Entladungselektrometer ist nach eingehenden Prüfungen mir als das zuverlässigste und einfachste aller Instrumente dieser Art erschienen (vgl. Versuch 26).

Da nun bei dem zuletzt beschriebenen Apparate ein Röhrchen aus Goldpapier verwendet wird, das sicherlich leichter anzufertigen ist als eines aus Seidenpapier und gewiß auch widerstandsfähiger sein dürfte als letzteres, muß noch erklärt werden, warum bei den früheren Apparaten Seidenpapierröhrchen empfohlen wurden. Es unterliegt keinem Zweifel, daß man als Zeiger auch schwerere Röhrchen aus Papier oder Holzstäbchen, Blechstreifen u. dgl. verwenden und doch in allen diesen Fällen ziemlich gleiche Empfindlichkeit erreichen kann; man braucht ja nur bei einem schwereren Röhrchen den Schwerpunkt näher zur Achse zu verlegen. Es tritt dann aber die (manchmal sehr lästige) Unbequemlichkeit ein, daß die Dämpfung des Zeigers durch den Luftwiderstand um so geringer wird, je größer die Masse des schwingenden Zeigers ist. Während ein leichtes Seidenpapierröhrchen sich fast augenblicklich einstellt, pendelt ein Goldpapierröhrchen einige Zeit hin und her¹⁰⁾. Die Seidenpapierröhrchen können übrigens sehr leicht vor Verletzungen bewahrt werden, wenn man sie bei Nichtgebrauch, insbesondere beim Transporte fixiert; dies geschieht, indem

⁹⁾ Vgl. mein Experimentierbuch, II. Band, S. 293.

¹⁰⁾ Vgl. Friedr. C. G. Müller in dieser Zeitschrift XIX, 69; auch dort wird hervorgehoben, daß eine Einstellung des Braunschenschen Elektrometers wegen der wenig gedämpften Nadelschwingungen etwa 1 Minute Zeit in Anspruch nimmt.

man ein Streifen aus dünnem Schablonenblech (ähnlich wie in Fig. 1, Nebenfigur gebogen) so um den Drahtrahmen herumlegt, daß der Zeiger dadurch in Ruhelage festgehalten wird. Erfährt das Papierröhrchen durch einen Zwischenfall eine Knickung oder Biegung, so führt man vorsichtig den bei der Herstellung des Röhrchens verwendeten Rundstahl ein und glättet das Röhrchen durch leichtes Streichen mit dem Fingernagel.

Sehr willkommen ist es, daß man diese Gabelelektroskope, wenn es wünschenswert ist, auf sehr einfache Art beliebig unempfindlich machen kann. Man schiebt hierzu in die untere Röhrenöffnung einen schlanken Papier- oder Kartonkeil ein, der sich später leicht mit einer Pinzette wieder herausziehen läßt.

Bevor nun eine kurze Aufzählung und Beschreibung von Schulversuchen gegeben wird, bei denen Gabelelektroskope wertvolle Anwendung finden können, müssen noch einige kleine Zutaten besprochen werden, die man für die Elektroskope benötigt.

Hierzu gehören zunächst kleine Kondensatorplattenpaare (Fig. 11). Sie werden aus 0,3 mm dickem Messingblech geschnitten und an den Rändern mit einer feinen Feile von scharfen Kanten befreit. Ein Durchmesser von 6—8 cm ist ausreichend. Die eine der beiden Platten wird mit einer kleinen Hülse versehen, die zum Aufstecken der Platte auf den geraden Ansatz des Elektroskoprahmens (*a* in Fig. 1) dient. Die erwähnte Hülse wird hergestellt, indem man ein 6—8 mm breites Streifen aus weichem, dünnem Messingblech um einen Rundstahl von entsprechender Dicke herumwickelt. Dann steckt man das Röhrchen auf eine Spitzzange, erhitzt es in der Flamme, betupft die Fuge mit Lötwasser und bringt Lötzinn daran — natürlich nicht so viel, daß das Lot auch in das Lumen der Röhre fließt. Nach Abkühlen mit Wasser wird das Röhrchen an dem einen Basisende möglichst eben gefeilt. Hierauf wird die Mitte der kreisrunden Platte über die Flamme gehalten und auf die Oberseite etwas Lötwasser und Lötzinn gebracht. Sodann stellt man das mit einer Pinzette gefaßte Röhrchen mit dem ebengefeilten Rande in das geschmolzene Lötzinn hinein. Bringt man nun noch einige Tropfen Lötwasser an die Berührungsstellen, so haften beide Teile nach dem Abkühlen (Abspülen mit Wasser) fest aneinander. Die Platte wird dann noch mit feinem Schmirgel geputzt und — wenn nötig — auf einer planen Unterlage ebengerichtet. In ähnlicher Weise befestigt man auf der zweiten Platte ein etwas weiteres Röhrchen, in das man ein gut mit Schellack überzogenes Glasstäbchen einkittet (mit Schellack oder mit Picein). Ein weiteres Zubehör besteht aus einer Nähnadel mit gut zugeschliffener Spitze, die an ein Messingröhrchen ähnlicher Art angelötet (Fig. 12) und (ähnlich wie ein Stichbajonett auf ein Gewehr) auf den oberen Ansatz des Elektroskopes (*a* in Fig. 1) aufgesteckt werden kann.

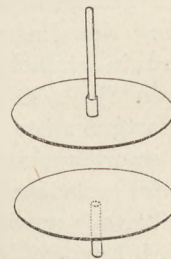


Fig. 11.

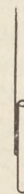


Fig. 12.

Auch zur raschen und bequemen Verbindung der Elektroskope mit anderen Apparaten sind blanke Kupferdrähte von etwa 0,3 mm Dicke sehr bequem, von denen das eine Ende gleichfalls an eine auf das Elektroskop aufsteckbare Hülse gelötet ist.

Endlich benötigt man noch einige Verbindungsstäbe von verschiedener Länge (15, 20, 25 cm). Sie bestehen (Fig. 13) aus Messingdraht von 1,5—2 mm Dicke, dessen Enden abgerundet und mit Lötzinn überzogen werden. In der Mitte wird ein kurzer Schellackgriff¹¹⁾ angekittet.



Fig. 13.

Bei der nunmehr zu beschreibenden Versuchsserie möge es, um Raum zu sparen, gestattet sein, einfache und bekannte Versuche nur schlagwörtlich zu skizzieren sowie bezüglich näherer Winke auf die betreffenden Stellen meines Experimentierbuches zu

¹¹⁾ Vgl. mein Experimentierbuch I. Band, S. 216.

verweisen. Im letzteren Falle bedeutet die römische Zahl den Band; die nächste Zahl gibt die Seitenzahl (und zwar nach der 3. Auflage) an, eine dritte Zahl bezieht sich auf eine allenfalls dortselbst vorhandene Abbildung. Die Versuche schließen sich an den meist üblichen Lehrgang der Schulphysik an und begleiten ihn schrittweise; voranzugehen hätten nur die bekannten Grundversuche über die Elektrisierung durch Reibung und Mitteilung, ferner über die beiden Elektrizitätsarten (I, 213—217).

1. Leiter, Nichtleiter, Halbleiter. (I, 223, 170.) Von zwei Elektroskopen, die durch den zu prüfenden Leiter verbunden sind (Stäbe werden auf die Haken der Seitenarme aufgelegt, Fäden daselbst mit Schlingen angehängt), wird eines geladen und beobachtet, ob das zweite das Auftreten einer Ladung sogleich, nach einiger Zeit oder gar nicht anzeigt. Zeigen beide im ersten oder im zweiten Falle gleich große Ausschläge, so berührt man das eine ableitend und beobachtet wieder das Verhalten des zweiten.

2. Dasselbe. (I, 224.) Ein Elektroskop wird geladen; man versucht, es durch Berühren mit dem zu prüfenden Körper (z. B. mit einer Paraffintafel) zu entladen.

3. Auch Leiter (Halbleiter) können durch Reibung elektrisch werden. (I, 225.) Eine nicht zu kleine Probekugel sowie eine der Kondensatorplatten, die man an ihrem isolierenden Griffe hält und einige Male über ein Katzenfell streicht (oder durch die trockenen Kopfhaare zieht) wird am Elektroskop geprüft; man erhält einen deutlichen Ausschlag. Ebenso wird ein an einem isolierenden Griffe befestigter größerer Kork durch Peitschen mit einem trockenen Leinentuche (Taschentuch) sich als deutlich geladen erweisen. (Bei diesen Versuchen kann der Ausschlag durch Wiederholung des Ladungsprozesses beträchtlich gesteigert werden.) Die Art der Ladung wird in einfachster Weise festgestellt, indem man dem geladenen Elektroskope, dessen Skalenblech entfernt wurde, von der Seite langsam einen geriebenen Glasstab (Hartgummistab) nähert; es ist dann leicht und deutlich zu erkennen, ob der Zeiger sofort angezogen oder zunächst zurückgedrängt wird. (Bei fortgesetztem Annähern des geladenen Stabes tritt auch im letzteren Falle endlich Anziehung — infolge Verteilungswirkung — ein.)

4. Gleichgroße Mengen entgegengesetzter Ladungen heben einander auf. (I, 225.) Ein Elektroskop (mit rotem Zeiger) wird positiv, ein zweites (mit grünem Zeiger) negativ zu gleich großem Ausschlage (ohne Skala nur nach dem Augenmaße zu schätzen) geladen. Dann schiebt man beide zusammen, so daß die Seitenarme sich berühren. Beide Ausschläge verschwinden; die Elektroskope sind ohne Ladung. — Hierzu sei bemerkt, daß man, um einen zu groß geratenen Ausschlag zu vermindern, das betreffende Elektroskop mit einem ganz dünnen Holzspänchen so lange berührt, bis der Ausschlag auf die entsprechende Größe herabgesunken ist.

5. Reiber und Reibzeug werden entgegengesetzt elektrisch. (I, 225.) Am besten verwendet man zu diesem Versuche eine kreisrunde Ebonitplatte (etwa 5 cm Durchmesser, 0,8 cm dick) und eine gleich große, mit Pelzwerk überklebte Holzplatte, die beide mit isolierenden Griffen versehen sind. Indem man die letzteren mit den Händen anfaßt, reibt man die Ebonitplatte leicht mit dem Pelzwerk und berührt dann mit jeder der beiden Platten je ein Elektroskop; man erhält an jedem einen Ausschlag; die Beschaffenheit der Ladung wird in der früher angegebenen Weise untersucht.

6. Dasselbe. Sandstreuversuch. (II, 254.) Ein gewöhnlicher Weißblechtrichter wird isoliert in einen Retortenhälter eingespannt. Eine zuverlässige Isolierung erhält man, wenn man über den Trichterhals ein kurzes Stück einer Kartonhülse (z. B. von einer Hülse, in der ein kleiner Auerstrumpf verpackt war) darüberschiebt (Fig. 14), den oberen Hülsenrand mit zwei Fingern gegen den Trichter andrückt und in den Zwischenraum zwischen Hülse und Trichter zunächst etwas geschmolzenes

(nicht zu heißes) Paraffin eingießt und nach dem Erstarren den ganzen Hohlraum damit ausfüllt. Nach völligem Auskühlen und Hartwerden des Paraffins wird die Kartonhülle mit einem scharfen Federmesser abgelöst. Unterhalb des im Halter eingespannten Trichters stellt man eine größere Blechtasse auf, die auf Paraffinunterlagen liegt. Trichter und Blechtasse werden durch Drähte mit je einem Elektroskope verbunden. Man klebt sich ferner aus Zeichenpapier eine spitze Tüte, die an der Spitze eine nur einige Millimeter weite Öffnung erhält. Die letztere wird mit dem Finger verschlossen und die Tüte mit gewöhnlichem trockenen Streusand gefüllt. Indem man die Tüte über den Blechtrichter hält, läßt man den Sand in einem feinen Strahle aus 2—3 dm Höhe gegen die Trichterwand rieseln. Bald zeigen die beiden Elektroskope Ladungen an. Man stellt fest, daß sie von entgegengesetzter Art sind, und verbindet darauf beide Elektroskope mit einem isoliert gehaltenen Verbindungsstab (Fig. 13). Die Ausschläge verschwinden vollständig, die beiden entgegengesetzten Ladungen waren somit in gleich großer Menge vorhanden. Die Ausschläge der beiden Elektroskope waren dabei allerdings wahrscheinlich nicht gleich groß; das mit dem Trichter verbundene zeigt gewöhnlich den größeren Ausschlag, wohl auch darum, weil die Kapazität des Trichters voraussichtlich kleiner ist als jene der größeren Blechtasse. Erhöht man aber die Kapazität des Trichters (indem man ihn z. B. mit einer größeren, auf Paraffinunterlage aufgestellten Kakaobüchse leitend verbindet), so dürfte sich das Verhältnis der Ausschläge umkehren; wieder aber wird nach dem Ausgleiche das Leitersystem ungeladen erscheinen. Will man auf diese Einzelheiten eingehen, so wird man den Versuch wohl besser erst später (nach 7) einteilen und etwa bei Gelegenheit einer Wiederholung vornehmen. — Bemerkte sei noch, daß der Versuch auch mit einem Glastrichter — in quantitativer Hinsicht sogar noch besser — gelingt. Die Trichterwand wird (wohl durch feinste Staubteilchen) bald hinlänglich leitend, so daß ein Auslegen des Trichters mit Stanniolstreifen sich als überflüssig erweist.

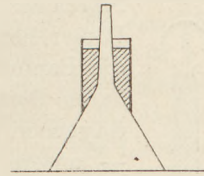


Fig. 14.

7. Zur Gewinnung der Begriffe Potential und Kapazität. (I, 226—228.) Das allmähliche Anwachsen des Ausschlages eines Elektroskopes bei wiederholter Berührung mit verschiedenen Stellen eines geriebenen Hartgummi- oder Glasstabes, ferner die längere Dauer der Aufladung zu bestimmtem Ausschlage bei Verbindung des Elektroskopes mit einem größeren Konduktor (große Kakaobüchse auf Paraffinunterlage u. dgl.) sind so einfach, daß darüber wohl nichts zu sagen ist. Auch die bekannten Versuchsserien, bei denen zwei Elektroskope zu gleichem oder zu verschiedenem Potentiale aufgeladen werden und sodann durch einen Ausgleichsstab (oder durch unmittelbare Berührung der Seitenarme) leitend verbunden werden, lassen sich natürlich mit den Apparaten in ganz vorzüglicher Weise durchführen. Sehr wertvoll ist besonders der letzte der a. a. O. eingehend beschriebenen Versuche. Dabei wird der im vorstehenden unter Nr. 4 beschriebene Versuch mit der Abänderung wiederholt, daß für eines der Elektroskope die Kapazität erhöht wird (wieder durch Verbindung mit einem größeren Konduktor oder mit einer isoliert aufgestellten Metallbüchse o. dgl.). Nach dem Ausgleiche überwiegt die Ladung dieser größeren Kapazität. Bei guter Konstruktion der Elektroskope und sorgfältiger Ausführung des Versuches genügt es dabei, die Kapazität des einen Elektroskopes durch Aufsetzen der Kondensatorplatte zu erhöhen. Ganz zuverlässig aber reicht es aus, wenn auf diese Kondensatorplatte eine kleinere Kakaobüchse gestellt wird. — Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, daß nach Absolvierung dieser Versuche der Augenblick gekommen ist, die Eichung der Elektroskope vor den Augen der Schüler nachzuprüfen und zu erklären.

8. Sitz der Ladung an der Oberfläche der Körper. (I, 228—229.) Der einfachste aller Versuche sei am meisten empfohlen; eine oben offene größere Kakaobüchse

büchse (oder eine Literkanne, der Hohlwürfel von 1 dm^3 aus der Sammlung) wird auf eine Paraffinunterlage gestellt und geladen. Mit einer Probekugel berührt man zunächst von außen und weist hierauf die Ladung der Kugel am Elektroskope nach. Nach Entladung des letzteren versucht man in ähnlicher Weise aus dem Innern des Hohlraumes Ladungen auf das Elektroskop zu übertragen; es gelingt nicht. Durch nochmalige Wiederholung des ersten Versuches muß man natürlich schließlich zeigen, daß das Blechgefäß noch immer ausreichend geladen ist. Für das Gelingen des Versuches muß der Stiel der Probekugel zuverlässigst isolieren; die häufigen Klagen über die geringe Verlässlichkeit dieses Versuches (besonders bei Verwendung hochempfindlicher Elektroskope) sind zumeist nur auf diese Fehlerquelle zurückzuführen.

Bei dieser Gelegenheit sei es gestattet, zu erwähnen, daß man sehr praktische Probekugeln aus den mit dünnem Messingblech überzogenen Holzkugeln herstellen kann, die in verschiedenen Größen als Griffe für Herd- und Ofentüren zu billigem Preise in Eisenhandlungen erhältlich sind. Man schlägt auch hier (Fig. 15) einige Nägelchen in den ebenen Rand der Knöpfe ein, klebt eine Hülse aus festem Papier herum und gießt sie mit Paraffin voll; nach völligem Erkalten wird die Papierhülse abgelöst. Die Kugel sitzt nun fest an einem recht haltbaren Paraffingriffe. — Daß natürlich auch für den Versuch mit dem Faradayschen Käfig — in der einfachsten Form der Ausführung (I, 229. 173) — unsere Elektroskope besonders brauchbar sind, sei nur flüchtig erwähnt.



Fig. 15.

9. Die elektrische Dichte. (I, 230—231.) An Konduktoren von verschiedener Form (Kugel, Ellipsoid — oder zwei miteinander verbundene Kugeln —, Kegelmantel, Kakaobüchse, Hohlwürfel u. dgl.) berührt man verschiedene Stellen mit einer nicht zu kleinen Probekugel und berührt mit letzterer (und zwar jedesmal in derselben Weise) ein mit Skala versehenes Elektroskop. Übereinstimmung bzw. Unterschiede der Dichte sind jedesmal durch die Größe des erhaltenen Ausschlags festzustellen.

10. Konduktor von veränderlicher Kapazität. (I, 230.) Ein kleiner zylindrischer Papierlampion, dessen äußere Fläche leicht bronziert wurde, wird auf die Kondensatorplatte eines Elektroskopes gelegt und innen durch eine Bleiplatte beschwert. Man ladet (aus den früher erläuterten Gründen!) nur bis zum Skalenteile 2 und zieht dann den Lampion mittels Seidenfadens oder Glasstäbchens auseinander. Der Ausschlag sinkt, um bei erneutem Zusammenschieben des Lampions neuerlich zu steigen. — Ebenso gelingt der Versuch mit dem Emporziehen eines auf die Kondensatorplatte zusammengerollt liegenden Metallkettchens (II, 255) ganz tadellos.



Fig. 16.

11. Die Oberfläche eines geladenen Konduktors von beliebiger Gestalt ist eine Niveaufläche. (I, 231—232.) An einem mindestens 20 cm langen, sehr verlässlich isolierenden Glas- oder Hartgummistäbchen ist ein nach Fig. 16 leicht herstellbarer Metallbügel befestigt, der einerseits ein kleines Metallkugelchen trägt, andererseits mit einem längeren spiralisierten Drahte verlötet ist. Das zweite Ende dieses Drahtes wird mit einem Elektroskope verbunden. Das Kugelchen verschiebt man gleitend an der Oberfläche eines geladenen Konduktors von beliebiger Form — auch eines solchen, bei dem man die Innenfläche berühren kann. Der Zeiger des Elektroskopes zeigt unverändert einen und denselben Ausschlag. (Die Skala ist zu verwenden.)¹²⁾

¹²⁾ Allerdings ändert sich dabei — wie Friedr. C. G. Müller jüngst in dieser Zeitschrift (XXIX, 76) mit Recht hervorhebt — die Konfiguration des geladenen Leitersystemes und damit auch seine Kapazität. Diese Änderungen sind jedoch von so untergeordneter Größenordnung, daß sie bei dieser Ausführung des Versuches nicht wahrnehmbar sind. Den Versuch würde man aber gerade auf der Unterstufe sehr ungern vermissen.

12. „Ausströmen“ der Ladung aus Spitzen. (I, 232, 179.) Man macht zwei Elektroskope in ziemlich gleichem Grade unempfindlich (durch Einschleiben von Papierkeilen, wie früher beschrieben wurde) und versieht das eine von beiden mit der bajonettartig aufzusteckenden Spitze. Während man das eine Elektroskop mit einem geriebenen Stabe leicht zu sehr großem Ausschlage aufladen kann, erweist sich dies bei dem zweiten unmöglich. Es ist dabei für den Schüler sehr lehrreich, daß der Versuch nicht gelingt, wenn die Elektroskope ihre ungeminderte Empfindlichkeit besitzen; denn das sogenannte „Abströmen“ von der Spitze erfolgt erst beim Überschreiten eines ziemlich hohen Potentialwertes.

13. Grundversuche über die elektrische Verteilung. (I, 232—233, 180 a, b.) Diese gelingen besonders schön und übersichtlich mit zwei Elektroskopen (ohne Skala), die man entweder mit den einander zugewendeten Seitenarmen aneinanderschiebt (so daß die Richtung dieser Arme in die Blickrichtung der Schüler fällt, die Apparate also für den Beschauer hintereinander stehen) oder (die nebeneinander stehenden Elektroskope) durch einen Verbindungsstab zu einem System vereinigt. Es empfiehlt sich dabei, die Elektroskope mit den Kondensatorplatten zu versehen; auch ist eine schmale Hartgummiplatte und ein länglicher Flintglasstreifen (mit abgeschliffenen Kanten) besser zu verwenden als ein Stab aus dem betreffenden Material, der übrigens auch genügt. Bei der ersten Form des Versuches erfolgt die Trennung der Ladungen durch Auseinanderschieben der Elektroskope, im zweiten Falle durch Abheben des Verbindungsstabes.

14. Wiederholung dieser Versuche mit einem einzigen Elektroskope. (I, 234—235, 184.) Darüber ist wohl kaum etwas zu sagen. Besonders zuverlässig gelingt der a. a. O. im 2. Absatze auf S. 235 beschriebene, sehr lehrreiche Versuch. Die Skala wird entfernt, die Prüfung der wechselnden Ladung des Zeigers erfolgt durch seitliches Annähern eines Stabes, den ein Schüler anregt und dem Lehrer zureicht.

15. Schirmwirkung. Dielektrikum. (I, 235, 186.) Auch hier ist den a. a. O. gegebenen Winken nichts beizufügen.

16. Faradays Becherversuche. (II, 256, 306.) Man kann hierzu entweder eine mittelgroße Kakaobüchse (ohne Deckel) auf die Kondensatorplatte stellen, oder man lötet wieder an die untere Fläche der Büchse eine kleine Blechhülse an, mit der man die Büchse direkt auf das Elektroskop aufstecken kann. Ebensogut kann man aber auch den Becher auf eine Paraffinunterlage stellen und ihn durch einen Draht mit dem Elektroskope verbinden. Bei Verwendung eines größeren Bechers kann man natürlich auch eine größere Probekugel benutzen und ihr stärkere Ladungen erteilen. Die Skala wird bei den Versuchen am Apparate belassen. — Auch die Tatsache, daß Reiber und Reibzeug gleich große entgegengesetzte Ladungen erhalten, läßt sich in der bekannten Weise (II, 256) zeigen.

17. Auch die Oberfläche eines durch Influenz geladenen Leiters ist eine Niveaufläche. (II, 269, 313.) Ein größerer Kugelkonduktor wird möglichst stark geladen (vielleicht unter Zuhilfenahme des Elektrophordeckels) und in seine Nähe (doch nicht zu nahe!) ein zweiter, kleinerer Konduktor gestellt. Ebenso wie beim Versuche 11 läßt sich zeigen, daß dessen Oberfläche eine Niveaufläche ist.

18. Verteilungswirkung in der Richtung der Kraftlinien und normal dazu. (II, 257.) Zwei nicht zu kleine kongruente Probekugeln hält man im Felde eines möglichst kräftig geladenen größeren Kugelkonduktors so aneinander, daß ihre Zentrale in eine Kraftlinienrichtung (Verlängerung eines Kugelradius) fällt, und trennt sie dann; berührt man mit jeder ein Elektroskop, so ergeben sich entgegengesetzte Ladungen. Hält man dagegen die Kugeln so, daß ihre Zentrale senkrecht auf der Kraftlinienrichtung steht, so zeigen sie nach der Trennung keinerlei Ladungen.

19. „Saugwirkung“ der Spitzen. (I, 236, 187.) Ein Elektroskop wird mit dem mehrerwähnten „Stichbajonette“ versehen und in einiger Entfernung von der Spitze ein geladener Stab vorbeigezogen; das Elektroskop zeigt Ladung von derselben Art (Prinzip der alten Reibungselektroskopmaschine).

20. Elektrophor (I, 236—239) und 21. Kondensator (I, 245—246). Die Vorgänge an diesen Apparaten lassen sich — wie a. a. O. ausführlich erörtert ist — unter Benutzung unserer Elektroskope sehr schön verfolgen.

22. Duplikator. (II, 271—272, 316.) Dieser lehrreiche Versuch ist a. a. O. eingehend beschrieben und wirkt geradezu überraschend.

23. Eine Prüfung der Eichungsskala. (II, 276.) Eine größere Leidenerbatterie (oder eine einzelne Flasche mit möglichst großer Kapazität) wird zu bestimmtem — nicht zu hohem! — Potentiale aufgeladen. Um die Höhe des Potentials kontrollieren zu können, wird die innere Belegung durch einen (nicht überspannenen) dünnen Draht mit einem unserer Elektroskope dauernd verbunden. Die Ladung erfolgt von einer kleinen Influenzmaschine aus durch einen Zuleitungsstab mit isolierendem Griffe¹³⁾. Zeigt das Elektroskop ein Sinken des Potentials, so wird die eine Maschinenelektrode¹⁴⁾ durch den Verbindungsstab mit der Innenbelegung der Batterie (Flasche) verbunden und die nötige Ladungsergänzung vorgenommen. Auf das zu kontrollierende zweite Elektroskop wird ein Faradayscher Becher aufgesetzt. Indem man nun mit einer Probekugel (immer in gleicher Weise) von der Innenbelegung der Batterie Ladungen abnimmt und sie in den Becher überträgt, wird man zur Aufladung um einen neuen Skalenteil immer genau dieselbe Anzahl von Übertragungen vornehmen müssen. Man kann den Versuch selbstverständlich durch Verwendung verschieden großer Probekugeln und Abänderung des Potentials der Batterie (Flasche) vielfach variieren und wird jedesmal die Richtigkeit der Eichung bestätigt finden.

24. Ein Versuch mit der Influenzmaschine. Mit den beiden Polen einer kleinen Influenzmaschine (mit eingeschalteten Flaschen) wird je ein Elektroskop durch einen dünnen Draht verbunden. Beide Elektroskope werden in der früher angedeuteten Weise ziemlich unempfindlich gemacht. Dreht man die Maschine, deren Elektrodenknöpfe entsprechend weit auseinandergeschoben werden, recht langsam, so zeigen die Elektroskope das Steigen des Potentials der Pole an. Tritt endlich eine Funkenentladung der Maschine ein, so sinken die Pendel augenblicklich fast bis zum Nullwerte herab, und das Spiel beginnt von neuem.

25. Nachweis des linearen Potentialabfalles in einem stromdurchflossenen Halbleiter. Eine dünne Rebschnur von Bindfadendicke und etwa 2 m Länge wird zwischen zwei Holtzsche Fußklemmen (bei nicht völlig zuverlässiger Isolation auf Paraffinplatten zu stellen) ausgespannt. Die ganze Länge wird in fünf gleiche Teile geteilt; in jedem der vier Teilungspunkte wird ein dünner blanker Kupferdraht von etwa $\frac{1}{2}$ m Länge durch mehrfaches Umwickeln des einen Drahtendes um die Schnur befestigt, wobei man die Endspitze des Drahtes möglichst nach innen zu biegen hat, um Ausstrahlungen zu verhindern. Das andere Ende jedes Drahtes wird ebenso an dem Seitenarme eines geeichten Elektroskopes befestigt. Die vier Elektroskope stehen somit in einer parallel zur gespannten Schnur verlaufenden Geraden. Die eine Fußklemme wird durch einen Draht verlässlich geerdet, die zweite mit der Innenbelegung einer Leidener Flasche (Batterie) verbunden. Ladet man diese (ähnlich wie dies beim Versuche 23 eingehend beschrieben wurde) zu entsprechend hohem Potentiale, so wird man nach Eintritt des stationären Strömungszustandes leicht erreichen, daß die Elektroskope die Werte 4, 3, 2, 1, also einen linearen Abfall

¹³⁾ Eine feste Verbindung hier zu verwenden, ist nicht rätlich (vgl. II, 276).

¹⁴⁾ Die zweite Elektrode wird natürlich geerdet.

des Potentials zeigen. Auch unter Verwendung eines Holzstabes als Halbleiter gelingt der Versuch tadellos. Verschiebt man einen der Ableitungsdrähte auf dem Halbleiter um 1—2 dm nach rechts oder links, so zeigt das betreffende Elektroskop ganz zuverlässig den entsprechend höheren (niedrigeren) Potentialwert an. — Auch bei diesem Versuche ist die Verwendung eines Hilfselektroskopes (ähnlich wie bei Versuch 23) sehr zu empfehlen. Man kann dann vor der Stunde leicht ermitteln, wie hoch man dasselbe aufladen muß, damit die erwähnten Potentialwerte sich verlässlich einstellen.

26. Anwendung des Entladungselektrometers zu Versuchen, die auf das Ohmsche Gesetz vorbereiten. (II, 293—296, 341.) Diese u. a. von WEINHOLD, NOACK, SZYMANKI, FRIEDR. C. G. MÜLLER empfohlenen Versuche haben mich während meiner Unterrichtspraxis viel beschäftigt; ich habe mich dazu verschiedener Entladungselektrometer bedient, mit keinem aber so vorzügliche Ergebnisse erzielt wie mit dem in Fig. 10 dargestellten einfachen Apparate. Als Hilfselektroskop dient eines der geeichten Elektroskope (Fig. 8). Als Halbleiter erwiesen sich dünne Holzstäbe (2—3 mm), Rebschnüre, Bänder aus Leinen oder aus Baumwolle vortrefflich geeignet. Die Versuche erfolgen unter Zuhilfenahme einer sogenannten „Stoppuhr“ mit einer oft geradezu überraschenden Genauigkeit. Zählt man beispielsweise bei Verwendung der zwei hintereinandergeschalteten Halbleiter und bei einem Potential 4 des Hilfselektroskopes für 10 Entladungen 36 Sekunden, so sollten bei einem Leiter für dieselbe Anzahl von Entladungen 18 Sekunden, bei zwei parallelgeschalteten Leitern 9 Sekunden erforderlich sein; wird bei dem letzten Versuche das Flaschenpotential auf die Hälfte (Skalenteil 2 des Hilfselektroskopes) erniedrigt, so sollen 10 Entladungen wieder 18 Sekunden erfordern. Alle diese Zahlen ergeben sich oft völlig genau, zum mindesten aber mit einer überraschenden Annäherung. Selbstverständlich wird man zunächst jeden Leiter für sich selbst zu erproben haben; trotz möglichst genauer Übereinstimmung in Länge, Querschnitt usw. werden sich beide Leiter selten völlig gleichwertig ergeben; in diesem Falle wird man natürlich bei Hintereinander- und Parallelschaltung gewisse Mittelwerte zu erwarten haben, deren Richtigkeit auch durch das Experiment immer bestätigt werden wird. Ferner hat man die Halbleiter vor Berührung mit feuchten Händen usw. möglichst zu bewahren. Endlich wird es nicht überraschen, daß im Winter (in geheizten Räumen) das Leitungsvermögen wesentlich gemindert erscheint. Man wird unter Berücksichtigung dieses Umstandes die Entfernung zwischen dem Elektroskopständer und dem Entladungsbügel derartig abzuändern haben, daß die Entladungen nicht allzu rasch, aber auch nicht allzu langsam erfolgen.

Die Verwendbarkeit der leicht herstellbaren Apparate ist durch die vorstehend beschriebenen Versuche natürlich keineswegs erschöpft. Sie sind von mir nun seit mehr als zwei Jahren gründlichst erprobt worden, und kann ich ihre Verwendung nur wärmstens empfehlen. Auch für das Schülerlaboratorium dürften sie vorzüglich geeignet sein.

Optische Darstellung der Schwingungen der Telefonschallplatte.

Von

Prof. Dr. Donle in München.

Bei Besprechung der Wirkungsweise des Telefons und Mikrophons im Unterricht habe ich es schon lange als Mangel empfunden, daß es nicht möglich ist, zugleich auch die Schwingungsbewegung der Telefonschallplatte in ihrer großen Mannigfaltigkeit zu zeigen, insbesondere wenn die Drahtwickelungen des Telefons von einem

durch Hineinsprechen in ein Mikrophon erzeugten Sprechstrom in Schwingungen versetzt werden. Ich habe deshalb zunächst die Anordnung versucht, welche von F. F. Martens¹⁾ zur optischen Darstellung von Schwingungsbewegungen einer dünnen Schallplatte angegeben und als Membranapparat nach Martens z. B. von den Firmen Ernecke und Kohl in den Handel gebracht wurde. Dabei wird die schwingende Membran mit zwei zu ihrer Fläche senkrechten, nahe am Rande befestigten Spiegeln versehen, so daß diese beim Schwingen der Membran sich gegeneinander neigen und das zur Projektion dienende Lichtbündel beträchtlich ablenken und gute Schallkurven geben. Ich erhielt jedoch mit der Spiegelanordnung nach Martens bei der Telefonschallplatte, wohl wegen ihrer zu kleinen Schwingungsbewegung und beträchtlichen Starrheit, keine genügend großen Bewegungen des Lichtflecks auf dem Projektionschirm, so daß die Besonderheiten der Schallkurven nicht deutlich hervortraten.

Mit der nachfolgend beschriebenen Anordnung, welche ich mir, wegen Abwesenheit des Feinmechanikers des Laboratoriums im Felde, in allen Teilen selbst herstellte, wozu nur mäßige Fertigkeit in Werkstattarbeiten notwendig ist, habe ich gleich bei der ersten rohen Probe so günstige Ergebnisse erzielt, daß ich mir eine verbesserte und verfeinerte Vorrichtung an zwei kräftigen Hufeisentelephonen anbrachte, mit welchen die untenbeschriebenen Versuche ausgeführt wurden. Benutzt wurde ein Hufeisentelephon von Siemens in Holzfassung (s. Fig. 1, links) und ein zweites Hufeisentelephon (s. Fig. 1, rechts), die beide mit Regulierung der Entfernung der Schallplatte von den Magnetpolen versehen waren. Bei letzterem Telephon dient der aus dem Schallplattengehäuse herausragende Hufeisenmagnet zugleich als Handgriff. Beide Telephontypen

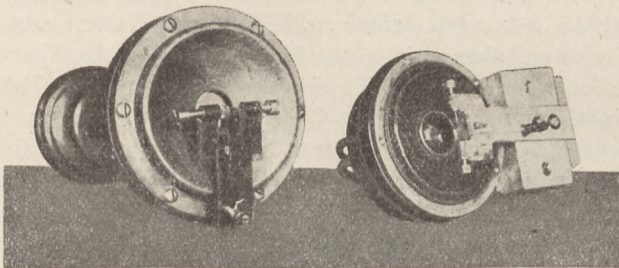


Fig. 1.

haben früher in der deutschen Armee ohne Mitbenutzung des Mikrophons zu Fernsprechzwecken gedient. Es ist aber wohl jedes andere kräftige Hufeisentelephon, insbesondere vermutlich ein lautsprechendes Telephon, wie sie jetzt zu haben sind, ebenso gut verwendbar. Als Mikrophon wurde ein Transmitter von Berliner, der wohl

reichlich 20 Jahre in der Sammlung des Laboratoriums sich befindet, von sehr guter Wirkung benutzt. Man wird also wohl am besten ein Mikrophon für große Lautwirkung und ein lautsprechendes Telephon verwenden. Man ist dadurch, wie es für meine Anordnung der Fall ist, imstande, die von der fernen Mikrophonstation nach dem Hörsaal übertragenen Laute gleichzeitig hörbar und als Schallschwingungen sichtbar zu machen.

Die von mir benutzte Vorrichtung, die Schwingungskurven von überraschender Größe lieferte, ist die folgende. Durch die Mitte der Telefonschallplatte wird ein eiserner Nagel von 1,5 mm Durchmesser und etwa 35 mm Länge hindurchgesteckt und rückwärts mit möglichst wenig Zinnlot festgelötet. Auf das Schallplattengehäuse des Siemensschen Telefons (s. Fig. 1, links), bzw. auf Holzklötzchen, die am Hufeisenhandgriff des zweiten Telefons mit Schrauben festgehalten sind, wird ein Streifen von starkem Messingblech *M* von etwa 2 cm Breite und beiläufig 7 cm Länge aufgeschraubt. An diesem Blechstreifen ist am einen Ende ein U-förmiger aus 3 mm starkem Messingblech gefeilter Bügel *B* (s. Fig. 2, auch Fig. 1) von etwa 45 mm Breite und 25 mm

¹⁾ F. F. Martens, Optische Untersuchung schneller und Fouriersche Analyse periodischer Druckschwankungen, Ber. d. Deutsch. phys. Gesellschaft 7, S. 63, 1909.

Länge angelötet. An den ungefähr 12 mm breiten Lappen des Bügels B sind Messingrohrstücke von gleicher Länge genau axial mit Hartlot befestigt und mit einem Gewinde für 5 mm dicke Eisenschrauben E_1 und E_2 versehen, wie man sie in jeder Werkzeughandlung fertig kaufen kann. In Vertiefungen an den Enden der Schraubenspindeln sind kleine Achathütchen mit Steinkitt fest eingekittet. In diese Achatlager legt man eine an beiden Enden konisch geschliffene Stahlachse A von 0,7 mm Durchmesser und etwa 20 mm Länge, wie sie aus einem Spiralbohrer von 0,7 mm Dicke durch Wegzwicken der spiraligen Schneide des Bohrers sich ergibt. Etwas außerhalb der Mitte dieser Stahlachse ist ein Streifchen dünnsten Messingblechs mit Zinnlot befestigt, dessen Ränder auf- und umgebogen werden, damit sie ein kleines planparalleles und quadratisches Spiegelchen S von etwa 4 mm Kantenlänge, aus einem Bruchstück eines dünnen Galvanometerspiegels geschnitten, festhalten. Beim Auflöten dieses Spiegelträgers S (s. Fig. 2) wird zugleich ein etwa 20 mm langes, nach einer Seite vorschauendes Drahtstückchen aus 0,15–0,2 mm dickem Messing- oder Neusilberdraht mit festgelötet. Das etwas aufgebogene und mit einem Häkchen versehene freie Ende dieser kleinen Drahtfeder F_1 liegt auf dem U-förmigen Bügel B auf. Ein zweites schwach gebogenes und am einen Ende mit einer kleinen Öse versehenes Stückchen Draht F_2 von gleicher Stärke und etwa 30 mm Länge, das auch mit einer Spiralwindung von etwa 1 cm Durchmesser versehen sein kann, ist mit der Öse in das Häkchen der ersten Drahtfeder F_1 eingehakt. Das andere Ende dieser zweiten Drahtfeder F_2 wird in einer kleinen am Blechstreifen aufgelöteten Klemmschraube K festgeklemmt. Die Anbringung dieser zwei kleinen Drahtfedern F_1 und F_2 , von denen also das kürzere am Spiegelträger S festgelötet ist, erweist sich als notwendig, um der Spiegelachse eine feste Ruhelage zu geben und sie bei Drehungen immer wieder in die Ruhelage zurückzuführen.

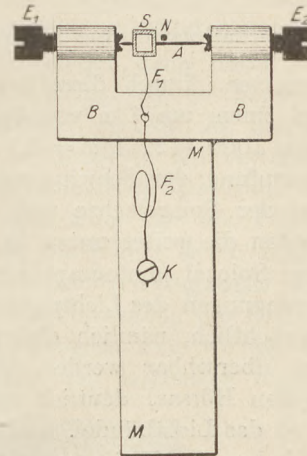


Fig. 2.

Der Blechstreifen mit seinem U-förmigen Bügel und der Spiegelachse wird nun so am Telephongehäuse bzw. an den Holzklötzchen beim zweiten Telephon (s. Fig. 1) mit Schrauben befestigt, daß der an der Telephonschallplatte angebrachte Nagel N (Fig. 2 zeigt bei N den Nagel im Querschnitt) die dazu senkrecht liegende Stahlachse des Spiegelchens mit einigem Druck, der durch Probieren festzustellen ist, berührt. Zur leichteren Einstellung ist noch beim Siemens-Telephon am Gehäuserand der Schallplatte eine Schraube so angebracht, daß das Bügelende des Blechstreifens dem Nagel der Telephonschallplatte um geringe Beträge genähert oder davon entfernt werden kann. Beim zweiten Telephon (Fig. 1 rechts) hat der Blechstreifen eine Schlitzführung für seine Befestigungsschrauben, die natürlich nicht so bequem wie im vorgenannten Falle eine Regelung des Druckes des Nagels zur Stahlachse ermöglicht, aber immerhin auch vollkommen befriedigende Einstellung gestattet.

Die Wirkungsweise dieser im ganzen überraschend einfachen Anordnung ist nun die, daß der Nagel beim Hin- und Herschwingen der Telephonschallplatte die zu ihm senkrechte Spiegelachse durch Reibung am Umfang hin und herdreht, wobei die zwei kleinen Drahtfedern die Ruhelage und das Zurückgehen der Spiegelachse sichern. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß dabei der magnetische Zustand des eisernen Nagels infolge der Influenzierung durch den Telephonmagnet sicherlich eine wichtige Rolle in der Hinsicht spielt, daß Nagel und Spiegelachse stets gut in Berührung bleiben und die Spiegelachse bei Schwingungen der Telephonschallplatte zuverlässig hin- und hergenommen wird. Daß diese sozusagen magnetische Reibung bedeutsam

ist, geht auch daraus hervor, daß bei einer Schallkapsel mit einer Membran aus dünnstem Schablonenblech, die früher zur mikroskopischen Aufzeichnung von Schallen durch Hr. Sanitätsmajor Dr. Selling (z. Zt. in Konstantinopel) im Laboratorium mit bestem Erfolg zur Untersuchung von Perkussionsschallen benutzt worden war, nach Anbringung der Spiegelanordnung keine befriedigenden Ergebnisse zu erhalten waren. Während der Drucklegung dieser Mitteilung ist es mir nach entsprechender Umkonstruktion gelungen, auch diese Schallkapsel mit magnetischer Reibung gut arbeitend zu bekommen.

Man kann leicht durch eine kleine Rechnung sich klar machen, welche verhältnismäßig großen Drehungen die Spiegelachse machen muß, wenn die Telefonschallplatte eine Bewegung von z. B. nur 0,001 mm ausführt. Der Umfang der 0,7 mm dicken Stahlachse (bei einer Dicke von 0,5 mm hatte ich keine guten Erfolge) beträgt $0,7 \pi \text{ mm} = 0,7 \cdot \frac{22}{7} \text{ mm} = 2,2 \text{ mm}$. Demnach ist für 0,001 mm Verschiebung der Tele-

phonschallplatte eine Drehung der Spiegelachse um $\alpha = \frac{360}{2,2} \cdot \frac{1}{1000} = 0,163^\circ \sim \frac{1}{6}^\circ$ zu

erwarten. Durch diese beträchtliche Drehung der Spiegelachse würde der Lichtfleck auf einem um 1 m vom Spiegel entfernten Projektionsschirm schon eine Verschiebung von $1000 \cdot \tan 2\alpha \text{ mm} = 5,7 \text{ mm} \sim 6 \text{ mm}$ zeigen. Dabei ist allerdings von jeglicher Dämpfung der Schwingungsbewegung infolge der Reibung beim Abrollen des Nagels auf der Spiegelachse und durch die kleinen Drahtfedern abgesehen. Jedenfalls beweisen die weiter unten in wahrer Größe abgebildeten und zwar nur in $\frac{3}{4}$ m Abstand vom Spiegel photographisch aufgenommenen Schwingungskurven zur Genüge, daß die Bewegungen des Lichtpunktes auf einem etwa 3 m entfernten Projektionsschirm ganz beträchtlich, nämlich einige Dezimeter bis zu $\frac{1}{2}$ m hoch und in ihren Einzelheiten gut übersehbar werden. Man erhält also Schwingungskurven, die auch in einem großen Hörsaal deutlich erkennbar sind. Für die objektive Darstellung der Kurven wird das Lichtbündel, nachdem es vom kleinen Telefonspiegel reflektiert worden ist, in bekannter Weise auf einen Drehspiegel mit vertikaler Drehungsachse und von da auf den Projektionsschirm geworfen. Bei allen Versuchen, auch denjenigen für photographische Aufnahme der Schwingungskurven, ist die Telefonspule mit den Enden der Sekundärspule des zum Mikrophon gehörigen Induktionsapparates verbunden. Das Mikrophon erhält Strom von einer Batterie von 3 Leclanchéelementen und ist zur Zuleitung der Schalle mit einem Schalltrichter von etwa 25 cm Öffnungsdurchmesser versehen. Bei den photographischen Aufnahmen konnten die Schallschwingungen der Stimmgabeln wegen anfänglich zu großer Schwingungsweite des Lichtfleckes erst längere Zeit nach dem Anschlagen, gesprochene Vokale und Worte gewöhnlicher Tonstärke nur bei 2—3 m Abstand vom Schalltrichter verwertet werden.

Da ein photographischer Registrierapparat, wie sie mit fallender Kasette oder rotierender Trommel z. B. von der Firma Dr. M. Edelmann in München ausgeführt werden, nicht zur Verfügung stand, wurde folgendermaßen verfahren. Das hochempfindliche Registrierpapier von 6 cm Breite von Schäuffelen (Heilbronn a. N.) wurde in Streifenlängen von 20 cm in der Dunkelkammer mittels Blechstreifen und flachen Stahlfedern auf einen Papierträger gespannt, der aus einem glatt gehobelten rechteckigen Brett von 25 cm Länge und 15 cm Breite bestand. Der Papierträger konnte zwischen Holzleisten in einer Kasette mit lichtdicht nach außen durchgeführten Schnüren hin- und hergezogen werden. Die Kasette selbst war ein Brett von 60 cm Länge und 19 cm Breite, auf das ringsum Holzleisten zur Führung des Papierträgers und zur Lichtabdichtung der Schmalseiten aufgeschraubt waren. Als Deckel der Kasette diente eine Zinkblechplatte aus 1 mm starkem Blech von 60 cm Länge und 19 cm Breite mit an den Längsseiten rechtwinklig umgebogenem Rand, der über die an der Außenseite mit Filzstreifen beklebten Führungsleisten geschoben wurde.

In der Mitte dieses Blechdeckels war mit dem Stichel ein zu den Schmalseiten der Kassette paralleler Schlitz von 6 cm Höhe und 0,5 mm Breite herausgearbeitet, hinter welchem das Registrierpapier mit Hilfe der aus der Kassette heraustretenden Schnur mit der Hand vorbeigezogen wurde. Um störendes diffuses Licht vor einer Aufnahme am Eintritt in den Schlitz zu verhindern, wurde ein breiter, einseitig mit Filz beklebter Blechstreifen mit rechtwinklig umgebogenen Enden über den Deckel geklemmt und erst kurz vor der photographischen Aufnahme bei Seite geschoben, um unmittelbar nach der Lichteinwirkung wieder über den Schlitz gebracht zu werden. Trotz dieser rohen Ausführung hat die Kassette doch recht zufriedenstellende Ergebnisse geliefert. Sie wurde für die Aufnahme auf einen schweren Stativtisch, mit der Längsseite horizontal, mit der Schmalseite vertikal, durch Schraubzwingen festgehalten.

Um die Schwingungen photographisch aufzuzeichnen, entwirft man am besten von einem stark beleuchteten, etwa $\frac{1}{2}$ mm breiten und 1 cm langen horizontalen Spalt mittels einer Linie ein scharfes horizontales Spaltbild auf der metallenen Vorderwand der Kassette so, daß das Spaltbild den vertikalen Schlitz im Blechdeckel der Kassette ungefähr in der Mitte senkrecht überquert. Es gelangt dann durch den Schlitz nur ein Lichtbündel von geringem Querschnitt. Schwingt die in ungefähr lotrechte Lage gebrachte Telephonplatte, so wird das Spaltbild vertikal auf und ab sich bewegen. Man erhält dann auf dem Blechdeckel der Kassette ein vertikales Lichtband, das beiderseits des Schlitzes liegt und dessen Vertikalhöhe die Höhe der photographisch festzuhaltenden Schwingungskurven gibt. Man kann also den Papierträger in der Kassette nach Entfernung des Schlitzdeckels am Schlitz durch Ziehen an der Schnur dann in Bewegung setzen, wenn die Höhe der Schwingungen eine passende geworden ist. Es wird sich dabei im allgemeinen empfehlen, die Schwingungsweite mäßig zu nehmen, damit die Kurven auch im mittleren Teil, wo die Bewegung des Lichtpunktes über das photographische Papier am raschesten erfolgt,

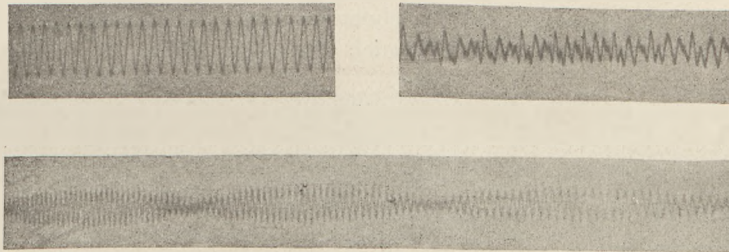


Fig. 3.

noch genügend deutlich werden. Sonst erhält man ein gutes Bild nur an den oberen und unteren Scheiteln der Schwingungskurven, wo wegen der langsameren Bewegung des Lichtpunktes eine längere Belichtung des photographischen Papiers erfolgt. Zur Entwicklung der nach Art ihrer Erzeugung sehr stark unterexponierten Schwingungskurven hat sich Metolentwickler am besten bewährt.

Um die Leistungsfähigkeit der getroffenen Anordnungen und zugleich eine für den Unterricht wertvolle Anwendung zu zeigen, sowie zugleich zu prüfen, ob die mit einem Mikrophon erregte Telefonschallplatte die Schallschwingungen richtig wiedergibt, mögen die Schwingungsbilder (Fig. 3) eines einfachen Stimmgabeltones, eines zweistimmigen Akkords mit Intervall der Quinte und einer Schwebung dienen. Sie lassen alle die erwartete Schwingungsform erkennen und beweisen, daß alle Versuche über die Interferenz von Schallwellen und die dabei sich ergebenden zusammengesetzten Schwingungskurven in überaus einfacher Weise, z. B. durch Vorsetzen der die Schallwellen erzeugenden Stimmgabeln vor den Schalltrichter des Mikrophons, erhalten werden können. Ein weiteres Kurvenbild (Fig. 4) zeigt die Schwingungsform

der Vokale *a, e, i, o, u*, endlich Fig. 5 das Wort „Paris“, das bei mäßig rascher Bewegung des Papierstreifens in der Kassette wohl ziemlich vollständig auf dem Photogramme sein dürfte. Man erkennt aus dem letzten Bild so recht deutlich den überaus komplizierten Verlauf des von einem Mikrophon erzeugten Sprechstromes. Die spitze Form der Schallkurven hat ihre Ursache in der verhältnismäßig langsamen Bewegung des Papierträgers in der Kassette durch Ziehen mit der Hand.

Die große Regelmäßigkeit der Schallkurven in den Figuren 3 und 4 läßt den Schluß zu, daß die Telefonschallplatte trotz ihrer Belastung durch den von ihr zu betätigenden Spiegelapparat in genauer und regelmäßiger Weise ihre Schwingungen macht

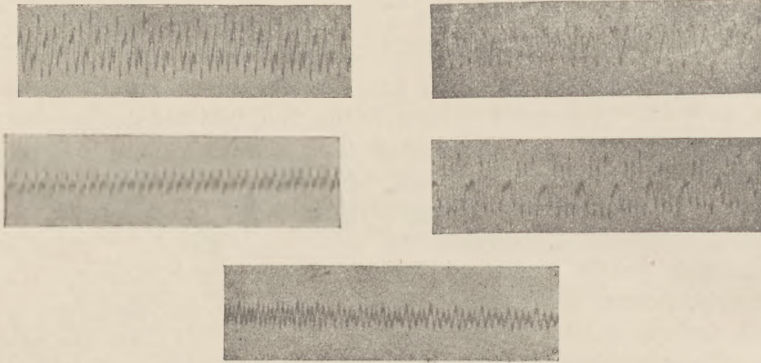


Fig. 4.

und daher die beschriebene Anordnung für zahlreiche Vorführungen aus der physikalischen und physiologischen Akustik ganz vorzüglich geeignet ist. Auch zur Aufnahme und Vorführung von Wechselstromkurven an Stelle eines Oszillographen, insbesondere wegen des meist hohen Widerstandes der Telephonwicklung zur Darstellung von Spannungskurven kann die Anordnung, wie ich mich überzeugt habe, gut gebraucht werden.

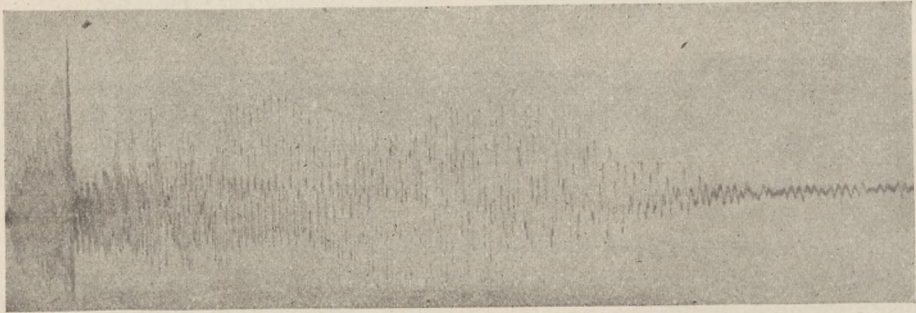


Fig. 5.

Ich zweifle nicht, daß bei sorgfältiger feinmechanischer Herstellung des Spiegelapparates sich eine noch größere als die durch meine rohe Ausführung erzielte Empfindlichkeit erreichen läßt und eine noch ausgedehntere Anwendung auch für andere als die durch obige Schallbilder erläuterten Zwecke gemacht werden kann. Aber schon die bequeme und dabei einfache und überzeugende Ausführungsmöglichkeit einer großen Anzahl wichtiger akustischer Versuche, die seither nur mittels Wellenmaschinen zu erläutern waren, sowie die gewiß überraschende Vorführung, ein Telefongespräch gleichzeitig hörbar und sichtbar zu machen, wird vielleicht der beschriebenen Spiegelanordnung manchen Freund erwerben.

Die einfache Linsenformel im Unterricht.

Von

Dr. Alois Lanner in Innsbruck.

Die gebräuchlichste Ableitung der einfachen Linsenformel geht nach den verbreitetsten Lehrbüchern von der Aufgabe aus, für einen Punkt auf der optischen Achse den Bildpunkt aus den geometrischen Beziehungen einer beigegebenen Figur zu ermitteln.

Dabei wird aber gewöhnlich die Dicke der Linse mit der schlichten Bemerkung auf die Seite geschoben, daß sie als verschwindend klein vernachlässigt werden könne, obwohl dies weder im mathematischen Sinne zutrifft und vielfach auch der Anschauung nicht entspricht, während bei manchen Lupen sogar eher das Gegenteil der Fall ist und der Brennpunkt Abstand im Vergleich zur Dicke der Linse sehr klein ist.

Die folgende Ableitung geht unmittelbar von der bekannten Konstruktion des gebrochenen Strahles aus und führt zu Formeln, in denen alle maßgebenden Größen zur Geltung kommen.

Zu diesem Zwecke betrachten wir einen parallel zur Achse verlaufenden Strahl und bestimmen den Brennpunkt für eine einzige sphärische Grenzfläche. Wir schlagen

(Fig. 1) um den Einfallspunkt M zwei Kreise, deren Halbmesser den Brechungs-exponenten entsprechen und machen $MN = n$ und $MP = 1$, wenn $n > 1$ den des optisch dichteren Mediums bedeutet. Wird der innere Kreis vom Strahl MP in P geschnitten und PL parallel dem Halbmesser $r = OM$ gezogen, so

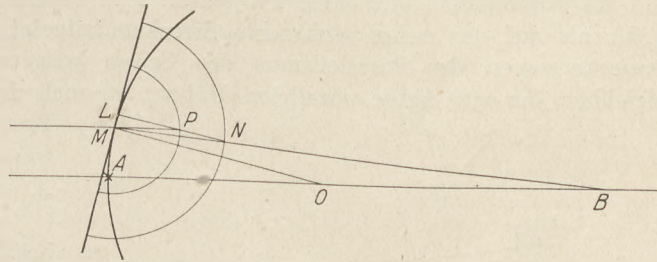


Fig. 1.

trifft LP den äußeren Kreis in N und MN ist dann der gebrochene Strahl, der die Achse im Brennpunkt B durchsetzt. Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke $MPN \sim BOM$ folgt

$$MP : MN = BO : BM,$$

und wenn wir $MB = \varphi$ und $OB = \varphi - r$ setzen, so finden wir die bekannte Formel

$$\varphi = \frac{nr}{n-1}.$$

Beim Übergang von Glas in Luft ergibt sich für einen zur Achse parallelen Strahl die Lage des Brennpunktes in ganz analoger Weise aus der Ähnlichkeit der Dreiecke (Fig. 2)

$$MPN \sim BMO$$

und der Proportion $MP : MN = BM : BO$, woraus zunächst

$$\frac{1}{n} : 1 = \varphi : (\varphi + r)$$

und daraus: $\varphi = \frac{r}{n-1}$ folgt.

Mit Hilfe dieser letzteren läßt sich der Strahlengang (Fig. 3) vom Gegenstandspunkt

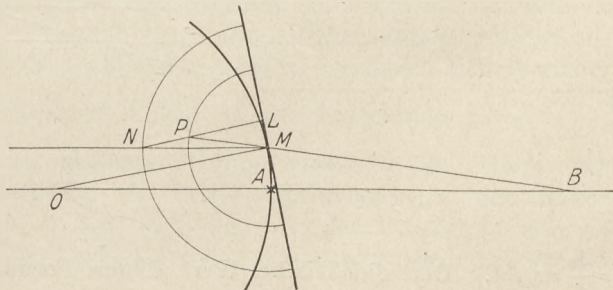


Fig. 2.

G durch die Linse zum Bildpunkt B verfolgen, indem wir ihn aus der Entfernung $\varphi_1 = \frac{r_1}{n-1}$ zum Einfallspunkt M_1 , dann parallel zur Achse nach M_2 und von hier nach dem in der Entfernung $\varphi_2 = \frac{r_2}{n-1}$ liegenden Punkt B führen.

Um aus diesen beiden Punkten G und B die Lage der Brennpunkte zu bestimmen, ziehen wir durch A_1 eine Parallele zu BM_2 und durch A_2 eine Parallele zu GM_1 . So finden wir links von der Linse den Punkt F'_1 und als dessen Projektion zu GM_1 .

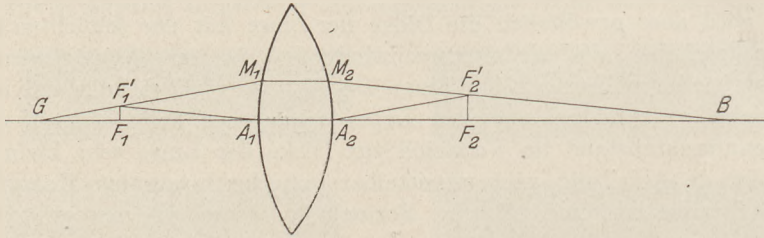


Fig. 3.

auf der Achse den Brennpunkt F_1 und rechts den Punkt F'_2 oberhalb der Achse und als Brennpunkt gilt seine Projektion F_2 . Insofern die Bogenstücke $A_1 M_1$ und $A_2 M_2$ als auf der Achse senkrechte Strecken aufgefaßt werden können, nehmen die Dreiecke wegen des Parallelismus der Seiten kongruente Gestalt an und mit der Gleichheit der zur Achse parallelen Höhen, ist auch die Gleichheit der beiderseitigen

Brennpunktabstände verbunden, wenn diese von den Scheitelpunkten A_1 und A_2 aus gemessen werden.

Will man zur Konstruktion beliebiger Bildpunkte nebst den Brennpunkten den optischen Mittelpunkt der Linse benutzen, der in geometrischer Hinsicht mit dem inneren Ähnlichkeitspunkt der Begrenzungskreise zusammenfällt, so kann man die in ihm errichtete Senkrechte als den Ort der Linse verwenden. Bei der in Fig. 4 ver-

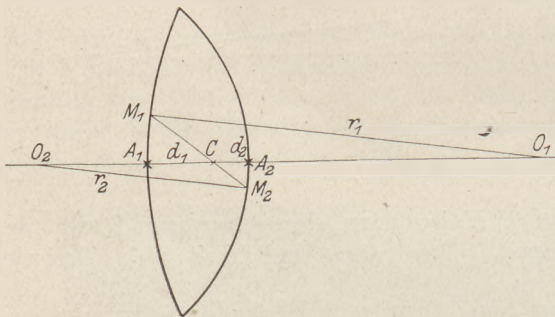


Fig. 4.

wendeten Bezeichnung ergeben sich bei der Annäherung von M_1 und M_2 an A_1 und A_2 für die Teilstrecken $A_1 C = d_1$ und $C A_2 = d_2$ der Dicke d die Beträge $d_1 = \frac{r_1 d}{r_1 + r_2}$

$$\text{und } d_2 = \frac{r_2 d}{r_1 + r_2}.$$

Bei dieser einfachsten Darstellungsform bestehen nach Fig. 5 die Verhältnisse $GN : F_1 A = g : f = NM : AM = NM : F_2 F'_2 = b : (b-f)$, woraus sich $b f = b g - g f$, somit $\frac{1}{g} + \frac{1}{b}$

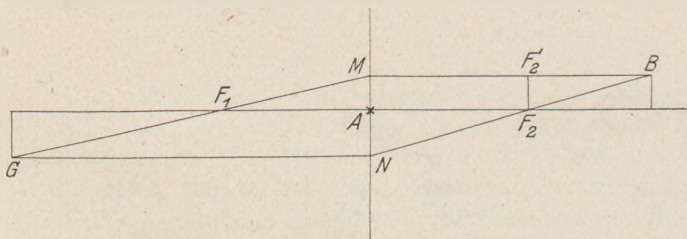


Fig. 5.

$= \frac{1}{f}$ ergibt. Der didaktische Wert dieser Formel liegt in der Einfachheit ihres Ausdrucks und noch mehr in ihrer Eignung zur Diskussion. In dieser mit der

Ignorierung der Linsendicke erkauften Einfachheit liegt aber auch ihr wunder Punkt. Die Einführung zweier Hauptebenen wird bei ausführlicher Begründung zu umständlich, um so mehr, als später davon nicht mehr Gebrauch gemacht wird. Soll sich demnach die Ableitung in angemessenen Grenzen halten, so kann dies etwa in folgender Weise geschehen.

Wir messen (Fig. 6) die Gegenstandsweite g und die Bildweite b vom optischen Mittelpunkt C ausgehend, während die Strecken $\varphi_1 = \frac{r_1}{n-1}$ und $\varphi_2 = \frac{r_2}{n-1}$ auf die Ausgangspunkte A_1 und A_2 bezogen waren und setzen somit

$$g = \varphi_1 + d_1 \quad \text{und} \quad b = d_2 + \varphi_2.$$

Die einfache Linsenformel läßt sich für den mit Hilfe des optischen Mittelpunktes konstruierten Bildpunkt und zwar folgendermaßen ableiten.

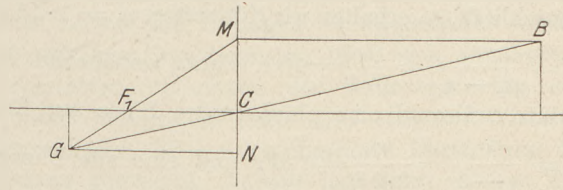


Fig. 6.

Bei dieser Annahme verhält sich nämlich $g : f = NM : CM = (NC + CM) : CM = \left(\frac{NC}{CM} + 1\right) : 1 = \left(\frac{g}{b} + 1\right) : 1$ und es ist daher wieder $\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$.

Unter Zugrundelegung dieser Formel erhalten wir hier

$$\begin{aligned} \frac{1}{f} &= \frac{1}{\varphi_1 + d_1} + \frac{1}{\varphi_2 + d_2} = \frac{1}{\frac{r_1}{n-1} + \frac{r_1 d}{r_1 + r_2}} + \frac{1}{\frac{r_2}{n-1} + \frac{r_2 d}{r_1 + r_2}} \\ &= \frac{(n-1)(r_1 + r_2)}{r_1 r_2} \left(\frac{r_1 r_2}{r_1(r_1 + r_2) + (n-1)dr_1} + \frac{r_1 r_2}{r_2(r_1 + r_2) + (n-1)dr_2} \right) \\ &= (n-1) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \frac{r_1 + r_2}{r_1 + r_2 + (n-1)d}. \end{aligned}$$

Die beiden ersten Faktoren stellen die allgemein verbreitete Formel für die reziproke Brennweite dar. Der letzte Faktor belehrt uns über den Einfluß der Linsendicke, die noch besser aus der Formel

$$f = \frac{r_1 r_2}{(n-1)(r_1 + r_2)} \cdot \left(1 + \frac{d(n-1)}{r_1 + r_2} \right)$$

ersichtlich ist. Damit ist erwiesen, daß die gebräuchliche Formel auch bei relativ dicken Linsen annähernd richtig bleibt, was besonders bei plankonvexen Linsen und manchen so beschaffenen zylindrischen Lupen zutrifft.

Wir kehren nochmals zur ersten Ableitung des Strahlenganges zurück, aus der sich die Möglichkeit ergeben wird, Linsen von sehr großer Brennweite herzustellen, ohne deshalb Schiffe mit entsprechend schwacher Krümmung anzuwenden. Sie kommen für die Erzeugung möglichst großer Bilder von Objekten in Betracht, die sich in optisch unendlicher Entfernung befinden und uns daher lediglich Parallelstrahlen zusehen. Die in der Richtung der Achse auffallenden Strahlen vereinigen sich in einem Punkt B hinter der konvexen sphärischen Fläche in der Entfernung $\varphi = \frac{nr}{n-1}$,

wenn rechts von derselben überall das nämliche Medium vorhanden ist. Wenn aber das Medium vor der konvexen Grenzfläche den Brechungsexponenten n_1 und hinter derselben den Brechungsexponenten n_2 hat, so folgt aus der Proportion (Fig. 1) $MP : MN = (\varphi - r) : \varphi$, falls $MN = n_2$ und $MP = n_1$ gemacht wurde, die Formel $\varphi = \frac{n_2 r}{n_2 - n_1}$. Kehren die Strahlen rechts von einer in A_2 auf der Achse senkrecht

stehenden Ebene in die Luft zurück, so tritt eine zweite Brechung ein, welche die Brennweite im Verhältnis $n_2:1$ herabsetzt, wie sich aus Fig. 7 ergibt. Dabei sehen wir allerdings vom Einfluß der Strecke A_1A_2 ab, was namentlich bei großer Brennweite zulässig ist. Infolgedessen tritt dann die Strahlenvereinigung in der Brennweite ein: $f = \frac{r}{n_2 - n_1}$.

Wählen wir eine Linsenzusammenstellung, die als vorderes Medium eine Crown-
glaslinse enthält, an die sich eine plankonvexe Linse aus Flintglas als zweites Medium
anschließt, so erhalten wir (für erstere $n_1 = 1.53$ und für letztere $n_2 = 1.63$ angenommen)
 $f = \frac{r}{n_2 - n_1} = \frac{r}{0.1} = 10r$, daher annähernd den 10fachen Radius als deren Brenn-
weite, während eine plankonvexe Linse aus Crownglas nach der gebräuchlichen Formel
 $f = \frac{r}{n - 1} = \frac{r}{0.53} = 1.9r$ und eine aus Flintglas $f = \frac{r}{0.63} = 1.6r$ ergibt.

Da beide Brechungen im entgegengesetzten Sinn erfolgen, so werden die Bilder
ohnein nahezu achromatisch sein und können andernfalls noch durch die Wahl der
Gläser korrigiert werden.

Mit der Steigerung der Brennpunktweite vergrößert sich aber im gleichen Maße
auch das wirkliche Bild des optisch unendlich fernen Gegenstandes, das beim astro-

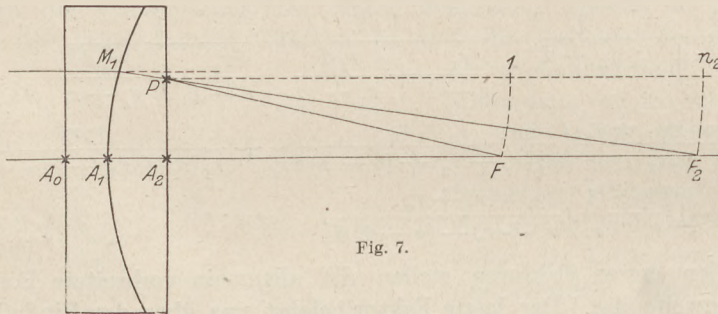


Fig. 7.

nomischen Fernrohr zur weiteren Vergrößerung durch das Okular verwendet wird
oder unmittelbar zu photographischen Aufnahmen benützt werden kann. Die Ver-
größerung läßt sich somit auf diesem Wege unter gleichzeitiger Berücksichtigung des
Achromatismus lediglich durch die Wahl der Glassorten beider Linsenbestandteile
namhaft verstärken, indem man die Brechungsexponenten sehr nahe rückt, bzw. die
Differenz $n_2 - n_1$ möglichst klein gewählt wird.

So konstruierte Linsen hätten demnach das Aussehen eines zylindrischen Glas-
körpers und die eigentlich bildenerzeugende Grenzfläche wäre äußerlich gar nicht
wahrnehmbar. Dies würde auch den Vorteil mit sich bringen, daß die für die Rein-
heit des Bildes maßgebende Stelle gegen störende Einflüsse mechanischer Natur oder
für Staub und Bakterien verschlossen bliebe.

Es wäre allerdings wünschenswert, derartige, aus verschiedenen Gläsern zusammen-
gesetzte Linsen wirklich herzustellen und hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit mit anderen
Linsen gleicher Brennweite zu vergleichen, wobei auch die Erzeugungskosten, sowie
technische Vorteile in der Verwendung zu Refraktoren und photographischen Zwecken
in Betracht kämen.

Zur Praxis chemischer Schülerübungen.

Von

Prof. P. Oestreich in Berlin-Schöneberg.

Im Januarbericht *dieser Zeitschrift* (29, S. 44) wünscht O. OHMANN die Bericht-erstattung über die Handhabung der chemischen Schülerübungen an den verschie- denen Anstalten. Der Wunsch erscheint sehr berechtigt, da nur an sehr wenig An- stalten dank besonders günstiger räumlicher, finanzieller und Frequenzumstände und dank der aufopfernden Arbeit einzelner Lehrer die Übungen so ausgestaltet werden konnten, daß sie dem in Büchern und Aufsätzen konstruierten Ideal sich annäherten. An vielen — nicht einmal alten — Anstalten, in denen die Raumverteilung und -einrichtung einmal festlag und die Mittel beschränkt sind, wird sich die Wirklich- keit weit vom Vorbild entfernt halten müssen. Die ungeschminkte Darstellung des Verfahrens an einer zur Selbstbescheidung genötigten Anstalt hat unter solchen Tat- sächlichkeiten daher vielleicht insofern einen gewissen Wert, als sie zeigt, wie man versuchen kann, auf verschiedenen Wegen das Interesse und die Arbeitslust der Schüler zu wecken und ihnen wenigstens teilweise die Vertrautheit mit Stoffen und Gesetzen durch eigene Erarbeitung zu ermöglichen.

Unser kleiner Arbeitsraum¹⁾, der gleichzeitig die Apparatschränke enthält, so daß Apparate mit Metallteilen dem Angriff der Chemikalien ausgeliefert sind, ist, wie das ehemals wohl allgemein so war, nur für analytische Arbeiten eingerichtet: unzweckmäßig angebrachte Tische mit den für Inhalt wie Verschuß gleich gefähr- lichen hängenden Schubladen. Die Abzüge sind unzureichend, die Wagen unpraktisch aufgestellt, die einzige Präzisionswaage in einem weit entfernten Zimmer untergebracht, die Raumnot zwingt zu den sonderbarsten Kompromissen. Für die Übungen erhalten die Schüler nur die Gestelle und Glassachen zur Analyse. Sonst werden nur die wenig zahlreichen Unterrichtsapparate benutzt.

Diese Mängel — die Brüscher'schen Einrichtungen würden einige tausend Mark erfordern und in diesem Raume nicht einmal durchgeführt werden können — ver- bieten uns vorläufig, den Klassenunterricht zum Arbeitsunterricht zu machen, zumal uns dabei gerade in der U II großen Vorteilen auch große Bedenken gegenüber- zustehen scheinen. Der einzelne Schüler kann zwar in dem Gleichfrontunterricht — er allein kann bei den starken Frequenzen bei schärfstem Kommando, lautlosem Tun und langsamstem Fortschreiten in Betracht kommen — sichere Beherrschung einiger chemischer Daten erlangen, er muß es durchaus nicht. Das Handeln kann wohl, die innere Aufmerksamkeit durchaus nicht sicher kontrolliert werden und die mit diesem Verfahren fraglos verknüpfte Stoffbeschränkung bleibt so lange bedauerlich, als wir mit den „Einjährigen“ belastet bleiben, die mit irgendwie „abgerundeten“ Kenntnissen entlassen werden sollen. Der unbedingte Arbeitsunterricht wird sich deshalb auch bei passenden Einrichtungen (übersichtliche Platzanordnung) nur für einzelne Versuche, höchstens Kapitel empfehlen.

Es blieben uns also nur — da dieselben Gründe: Einrichtungsmängel, größere Konzentration im Demonstrationsunterricht, Pensumschwierigkeiten, auch in den oberen Klassen gegen einen überwiegenden Arbeitsunterricht sprechen — die „fakul- tativen“ Übungen neben dem Unterricht übrig, noch dazu nur für ein Primajahr. Die Fachkollegen waren einig in der Meinung, daß die Beteiligung möglichst aller Schüler an einer Art von Arbeitsunterricht der Teilnahme weniger an gleichzeitig stattfindenden verschiedenen Übungen vorzuziehen sei. Es wurde deshalb das mathe- matische Linearzeichnen auf O II beschränkt, den physikalischen und chemischen

¹⁾ Hohenzollern-Oberrealschule zu Berlin-Schöneberg.

Übungen je ein Primajahr zugewiesen. Biologische Übungen fehlen noch. Die vorgesetzte Behörde stimmte dem Vorschlage zu, daß die naturwissenschaftliche Abiturientenarbeit in den einzelnen Kalenderjahren entweder der Physik oder der Chemie allein zu entnehmen sei, so daß in den einzelnen Schülergenerationen eine der beiden Wissenschaften noch vermehrt die Pflege der formalen Gewandtheit erfuhr. Daß Klassen- und Laboratoriumsunterricht in verschiedenen Händen lagen — wie früher bisweilen — wurde als Widersinn erkannt und vermieden. Erwünscht aber erschien es allen noch, daß dem jeweiligen Fach mit schriftlicher Prüfung die Übungen des letzten Halbjahres vor der Reifeprüfung zufielen, weil es so möglich wurde, eine beträchtliche Anzahl zusammenhängender Versuchsfolgen durch die einzelnen Gruppen ausführen zu lassen und damit auch dem Prüfungsbedürfnis entgegenzukommen. Die Schwierigkeiten, dies zu erreichen, waren groß, weil die Anstalt (leider!) Oster- und Michaelis-Coeten besitzt. Einem Herrn gelang es indessen, eine solche Permutationsfolge aufzustellen, daß auf jede Unter- und Oberprima je ein Halbjahr physikalischer und chemischer Übungen entfiel und zwar das letzte Halbjahr stets auf das Fach der schriftlichen Reifeprüfung.

Die so zerstückten Übungen konnten natürlich nicht (höchstens zufällig; dann konnten in ihnen Prozesse und Messungen durchgeführt werden, deren Langwierigkeit im Klassenunterricht hinderlich wirkte) den Unterricht „begleiten“, sie sollten auch nicht systematisch „wiederholen“, noch eine Stoffgebietserweiterung anstreben. Vielmehr eine Stoffvertiefung und -erprobung und gewiß auch dabei eine „immanente“ Wiederholung.

Die Übungen fanden früher nur während eines Halbjahres in UI statt und waren rein analytisch. Daneben bevorzugte ein anderer Kollege im Rahmen der physikalischen Übungen physikalisch-chemische Messungen. Seit 1909 habe ich die chemischen Übungen zumeist allein geleitet, seit 1913 (bei vier Primen) waren wir zwei leitende Lehrer, entsprechend dem Klassenunterricht in I, und demgemäß das Verfahren verschieden. Ich berichte über mein eigenes Vorgehen, das oft wohl das gemeinsame war.

Natürlich mußte ich selber gleichfalls nach Anlage und Zahl der Teilnehmer verschieden vorgehen. Zumeist, zuletzt immer, nahmen alle Schüler teil, meist wohl gern. Es waren bis zu 14 Schüler. Wenn die Schülerfrequenz nach dem Kriege (seit Ostern 1915 müssen die Übungen des Lehrermangels wegen ruhen; selbst der Klassenunterricht, in dem alle vier Coeten vereinigt waren, hatte mit den größten Schwierigkeiten zu kämpfen, galt es doch neben dem „Fortschreiten“ von ganz verschiedenem Niveau aus noch in jedem Vierteljahr auf Reifeprüfungen und „Notreife“-prüfungen vorzubereiten), wie zu errechnen, stark steigen sollte, so würde die städtische Behörde die Stundenzahl verdoppeln müssen, um eine Trennung zu ermöglichen. Mit mehr als 12 Primanern ist schwer ergebnisreich zu arbeiten.

Es waren wöchentlich zwei Stunden angesetzt. Mir ist diese Zeit für chemische Arbeiten stets sehr kurz erschienen. Bei der Analyse wie präparativen Arbeiten ist in dieser Zeit wenig zu erreichen. Die Schüler zogen es deshalb, auch weil sie einmal die Wegzeit sparten, stets freiwillig vor, vierzehntätig vierstündig zu arbeiten.

Es bildete sich, nach mehrfachen Schwankungen und ohne nunmehr dauernd festzustehen, eine gewisse Stoffabgrenzung für die Arbeit heraus. Etwa so: In einem Halbjahr: Bestimmung einiger physikalisch-chemischer Konstanten, Darstellung einiger anorganischer chemischer Präparate (Base, Säure, Salze, Kristallisation), einige elektrochemische und technische Prozesse, Titrieren; wenn die Zeit reichte, eine Gewichts- und Spektralanalyse. Im zweiten Halbjahr: Qualitative Analyse einfacher Substanzen als Repetition der charakteristischen Reaktionen. (Das Durchreagieren vieler Metalle hintereinander habe ich schon als junger Student als unübersichtlich, verwirrend, ja abschreckend empfunden. Für die Schüler wird die Ermüdung noch größer sein. Ich

halte also wenig davon. Die einfache Analyse selber möchte ich nicht missen.) Herstellung organischer Präparate. Dabei wurden Stoffreihen bzw. -gruppen bevorzugt, z. B. Gärung, Alkohol, Aldehyd, Säure, Ester, Verseifung, Azeton, Äther; Benzol, Nitrobenzol, Anilin, Azetanilid; Stärke, Zucker, Zellulose. Diese Arbeiten führten die Schüler stets mit besonderer Freude aus, weil sie da mehrfach einen in gewissem Sinne architektonischen Aufbau zunächst durchdenken und dann mit dem Gefühl eines Schaffens von Umfang und Wichtigkeit ausführen und benutzen konnten.

Bisweilen wurden auch alle analytischen Arbeiten in einem Halbjahr zusammengefaßt oder etwa im letzten Halbjahr auch Themen aus der allgemeinen Chemie behandelt, wenn die Reifeprüfung neben theoretischen und mehr historischen Themen auch auf die Beschreibung und Auswertung experimenteller Methoden zielte. Natürlich durfte die Absicht nicht eindeutig hervorschauen.

Je zwei Schüler bildeten nach eigener Wahl, der Harmonie wegen, eine Gruppe. 4—7 Gruppen bearbeiteten (teils) verschiedene Themen und Themenreihen. Auf wichtige Vorgänge und Ergebnisse wurden alle aufmerksam gemacht. Da zuletzt stets alle teilnahmen, wurden nun die Übungen doch insofern zu einem Teil des Unterrichtes und dadurch besser ausgenützt, als jeder Teilnehmer in einem Oktavheft zur nächsten Stunde Apparate, Prozeß, Erfolg, Berechnung kurz darzustellen hatte; außerdem erstattete nach Möglichkeit von jeder Gruppe ein Schüler ein kurzes Referat, so daß für alle ein Nutzen herausprang und bei der Fülle der Möglichkeiten doch auch ein etwaiges Abituriententhema sich nicht erraten ließ.

Die gruppenweise Arbeit erlaubte unter Umständen, daß zwei Prozesse gleichzeitig liefen, indem nach der ersten Einübung jeder Partner des schnelleren Fortschreitens wegen eine andere analytische Gruppe vornahm oder zwei Geduldpräparate nebeneinander hergestellt wurden. Anstelligkeit, Fähigkeit des Hand in Handarbeitens offenbarten sich wie bisweilen tolpatschige Hilfslosigkeit oder launische Unzuverlässigkeit. Doch wurde um der Ruhe der Arbeit willen nicht jede Wartezeit zu Nebenarbeiten benutzt, sondern dann der Schüler über Theorie und Formel verhört. Ich scheute mich auch nie, solche Zwischenakte zu Gesprächen von rein menschlichem Interesse zu benutzen. Die Arbeit hat dem Jüngling schon mehr Subjektgefühl gegeben. Da erschließt ein freundliches Wort manchmal erstaunlich.

Natürlich waren die Ergebnisse nicht immer gut. Nach Einsicht und Geschicklichkeit sonderten sich die Gruppen schnell. Es konnte also qualitativ und quantitativ differenziert werden, sicher ein Vorzug gegenüber dem Arbeiten in unbedingt gleicher Front. Die Einsicht in die Schwierigkeiten chemischer Arbeit und in die Unentbehrlichkeit der Sorgfalt ist das selbstverständliche Ergebnis jeder ernstesten Laboratoriumsarbeit.

Als Hilfsbücher für die Übungen benutzten die Schüler aus unserer Laboratoriumsbibliothek BRÄUER, EBELING, R. FISCHER, HERZ (3 Exemplare), LÖWENHARDT (8 Exemplare), SCHEID und die zuverlässigen Rezepte des alten SCHWANERTschen Hilfsbuches, für die organische Chemie auch RUPE und E. FISCHER.

Besonderen Wert legte ich auf die experimentelle Vorbereitung von Klassenvorträgen der Schüler in den Übungen. Meine Vorliebe für Schülervorträge ist stets stärker geworden. Der Vortragende, dem sein Gruppengefährte als Assistent zur Seite steht, muß sich den Stoff gründlich aneignen, überlegen, welche Experimente er ausführen kann, diese durchprobieren, seine Ausarbeitung einigermaßen memorieren und endlich vor der Klasse sprechen und agieren. Freundliche Kritik und Stoffergänzung folgen. Auch habe ich nie eine Unterbrechung gescheut, wenn ich die Klarheit des Vortrages oder die Aufmerksamkeit der Zuhörer bemängeln mußte. Eine gewisse rhetorische Gewandtheit ist ein nebenbei miterstrebtes Ziel. Die Chemie wirkt in dieser Richtung erziehlich, da sie bloßes Wortgepränge verbietet. Die Schüler (jeder kam heran) bereiteten sich nach SCHEIDS Vorbereitungsbuch, nach EBELINGS Schulbuch, NEUMANNS

chemischer Technologie u. a. vor. In U I empfahl sich dieses Verfahren für eine Reihe von Metallen, die ja unmöglich alle gleich eindringlich vom Lehrer behandelt werden können. Abgerundete Stoffgebiete drängten den Vortrag fast auf: Gasanstalt, Beleuchtung, Porzellan, Glas. Die Eisengewinnung und -verarbeitung wurde von einer Schülerreihe vorgetragen, der Lehrer sichtete. — In der organischen Chemie ist die Themenfülle groß, das Interesse äußerst rege: Gärungsprozesse, Zucker-, Stärkegewinnung, Papier-, Seifebereitung, Sprengstoffe usw. Auch historische Vorträge, solche zusammenfassender Art, z. B. über das periodische System, oder prinzipielle, z. B. über Spektralanalyse, kamen öfter vor. In jeder Prima behandelte — wie es ja wohl überall geschieht — ein geübter Photograph Praxis und Theorie der Lichtbildkunst und verewigte die Klasse. Die Sicherheit einzelner Begabter war erstaunlich, auch der Dürftigste war nicht scheu. Es muß allerdings zugegeben werden, daß mit dieser Stoffsonderung eine Einengung des Gebietes eintrat, in dem alle die gleiche Sicherheit besaßen.

Ein Teil der Schüler erwarb besondere Kenntnisse, indem die Lehrer sie zu Assistenten für den Auf- und Abbau der Unterrichtsapparate heranzogen. Innerhalb der Stunde tat einmal irgend ein Schüler eine Handreichung oder beteiligte sich an Versuch oder Ablesung; für das Heranbringen, den Aufbau, die Zerlegung, die Reinigung, das Wegstellen der Geräte dagegen wurden in jeder Klasse innerhalb jedes Halbjahres (meist jahrelang dieselben) zwei bestimmte zuverlässige und geschickte Schüler als Assistenten beibehalten. Die Namen wurden mir genannt und ich hielt zu gegebener Zeit mit diesen Hilfsschülern informierende Besprechungen ab, die ihnen die Ordnung der chemischen Zimmer klarmachen sollten. Wer einen Unterrichtsapparat verwaltet, in dem mehrere Lehrer in vielen Klassen unterrichten, weiß, wie schwer es ist, peinliche Ordnung und Sauberkeit aufrecht zu erhalten. Die gutgemeinte Hilfe vieler Schüler erweist sich als geradezu schädlich, denn vieles kommt an den falschen Ort und beim Beschädigen von Apparaten drückt sich jeder. Läßt man also Schüler helfen, so müssen es — soviel man pädagogisch vielleicht an problematischen Naturen, die Vertrauen heben könnte, verliert — die erprobtesten und stets dieselben Schüler sein, in denen sich das „Beamten“gefühl im besten Sinne entwickeln muß: Teilhaber, verantwortlich und schrankenlos ehrlich. Unsere Vertrauensschüler haben mir Beschädigungen und das Ausgehen von Reagentien und Materialien unverzüglich zu melden. Irrtümer kommen vor, im ganzen aber zeigt sich dieser Weg gangbar. Der Lehrer sieht nicht alles, freimütige und interessierte Schüler sind vorzügliche Helfer. Aber viele Köche verderben den Brei hier noch mehr als sonst.

Auf mineralogische Übungen mußte vorläufig verzichtet werden. Im Unterricht wurden bisweilen Bestimmungsversuche an ganz charakteristischen Stücken einfacher Mineralien ausgeführt. Für die Krystallographie insbesondere wurden eine Anzahl Zeichnungen verlangt und die Kombinationen der Baurat Wolffschen Modellkästen durch die Schüler zerlegt. Einzelne Pappmodelle wurden von allen, schwierigere von interessierten Schülern geklebt; z. B. fertigte einer einen schönen „Zwilling des eisernen Kreuzes“ an.

Dieser Überblick über unsere Praxis vor dem Kriege, wie wir sie nach dem Kriege wieder aufzunehmen (und zu verbessern) hoffen, sagt zu viel und zu wenig. Alles Gesagte ist ganz bescheiden auszulegen, die angedeuteten Linien sollen nicht als starr verstanden werden. Unser Verfahren entspricht nur zum Teil den OEHMANNschen Vorschlägen, es wird als sehr verbesserungsbedürftig empfunden und soll für niemand Vorbild sein, weil es ja die Resultante von Raum, Mitteln, Zeit und Lehrer und den besonderen Umständen darstellt. Jetzt ist kaum viel mehr erreichbar. Wenn wir erweiterte Räume und Einrichtungen, wie etwa die von BRÜSCH erhielten, würden wir einen Teil des Unterrichts ins Laboratorium verlegen. Zusammen-

hängende, umfangreichere, langwierige Arbeiten können im Unterricht nicht von den Schülern ausgeführt werden. Dazu ist ein Praktikum neben dem Unterricht unentbehrlich, natürlich ein ständig begleitendes besser als das unsrige zeitweise. Will man das aber, so wird man nicht alle Schüler (wie wir) haben können, falls (wie ja wohl zumeist) auch physikalische und biologische Übungen stattfinden. Dann aber entfällt unser großer Vorteil des zumindest geistigen Mitarbeitens aller Schüler. Eine prinzipielle Entscheidung wäre wichtig: Sollen die Übungen in den Unterricht verlegt werden, also allen gemeinsam sein, bei allen die Übungs„tugenden“ mehr oder minder bescheiden entwickeln, oder sollen sie schon eine Art Auslese-, Fachunterricht für Begabtere und Interessierte darstellen?!

Mir persönlich wäre es am sympathischsten, wenn der Klassenunterricht (bei starker stofflicher Einengung) in bescheidenem Grade Laboratoriumsunterricht würde, während die interessierten Schüler in besonderen Übungen ihre Arbeiten auf ein wesentlich erweitertes Gebiet ausdehnten. Das ist nur möglich, wenn ein Tag in der Woche (etwa durch Beseitigung einer Sprache und Einschränkung der Mathematik) vom Pflichtunterricht freigemacht würde und (als Ersatz der „Gabelung“, die ich mit ihren Schwierigkeiten in Stundenplan und Bewertung — solange nicht eine hier nicht zu erörternde organisch aufbauende Reform des gesamten Schulwesens erfolgt — ablehne, auch weil ein gewisses gemeinsames „Bildungs“niveau mir unentbehrlich erscheint) allen solchen Interesse- und Fachstudien der besonderen Begabung oder Ziele diene (wobei die Schul„beförderung“ normalerweise nur vom Ergebnis der fünf Pflichttage abhängen dürfte). Mir scheint so eine Versöhnung zwischen der „allgemeinen Bildung“ und der „Differenzierung nach Begabung und Interesse“ möglich. Ob ich mit diesem Vorschlage viel Beifall finde, erscheint mir sehr fraglich, da „Forderungen“ immer mehr Sympathien erwecken als „Verzichte“.

Zurzeit ist das „fakultative“ Praktikum jedenfalls wertvoll und schwer entbehrlich. WINDERLICH'S energische Sachführung war überaus erfreulich, seine ehrliche Reduzierung jetzt undurchführbarer Forderungen auf die Wirklichkeit des Betriebes ist ebenso dankenswert wie seine Vorschläge zu historischer Durchsetzung des Unterrichts. Und OHMANN'S Bestätigung dieser Auffassung in der Januarnummer dürfte viele erfreut haben.

Berlin-Schöneberg, Hohenzollern-Oberrealschule.

Kleine Mitteilungen.

Anordnung zur Vorführung der Wirkung von Kräftepaaren.

Von Prof. Dr. **Donle** in München.

Im Jahre 1904 hat Grimsehl¹⁾ zur Vorführung der Wirkung von Kräftepaaren in dieser Zeitschrift eine Anordnung angegeben, bei welcher ein Brett, auf Stahlkugeln gelagert, als Träger zweier kleinen gleichzeitig abschießbaren Kanonen dient. Die an Schnüren befestigten Pfropfen dieser Kanonen wickeln sich nach dem Schuß um einen an einem Stativ angebrachten Stab und geben dadurch die Sicht auf das durch das Stoßkräftepaar bewegte Brett frei. Die Aufstellung und Betätigung dieser Anordnung erfordert wohl immerhin geraume Zeit. Ich möchte daher im folgenden eine einfache, leicht herstellbare Vorrichtung beschreiben, die schon seit längerer Zeit mit bestem Erfolg verwendet wurde.

Die Anordnung ist in den Fig. 1 und 2 dargestellt und besteht bei der einen Ausführung (Fig. 1) aus einer quadratischen paraffinierten Korkplatte *PP* von 20 cm Kantenlänge, die man auf Wasser schwimmen läßt. In die Korkplatte sind längs

¹⁾ Grimsehl, das Kräftepaar, Z. f. phys. und chem. Unterricht. 17. 1904, S. 321.

einer Diagonale 4 Blechscheibchen von 3 cm Höhe und 2 cm Breite in gleichen Abständen von 7 cm von Mitte zu Mitte, senkrecht zur Fläche der Korkscheibe, eingesteckt, so daß man dadurch für das zur Wirkung zu bringende Kräftepaar Hebelarme von 1-, 2-, 3-facher Länge, und zwar für 1- und 3-fachen Hebelarm symmetrisch zur Mitte (Schwerpunkt der Scheibe), für 2-fachen Hebelarm exzentrisch, zur Verfügung hat.

Bei der zweiten Anordnung (Fig. 2) sind auf eine Blechtafel *TT* aus starkem Weißblech von ganz unregelmäßiger Form, die mittels eines aufgelöteten Hütchens etwas oberhalb ihres Schwerpunktes auf eine Spitze eines Stativs aufgesteckt ist, 2 mal 2 Paare von zur Blechtafel senkrechten rechteckigen Blechscheibchen von 4 cm Höhe und 3 cm Breite aufgelötet. Je ein Paar dieser Scheibchen ist symmetrisch zum Schwerpunkt in 10 cm bzw. 20 cm Abstand (von Mitte zu Mitte der Scheibchen), je ein 2tes Paar an ganz beliebiger Stelle auf der Blechtafel mit bzw. den gleichen

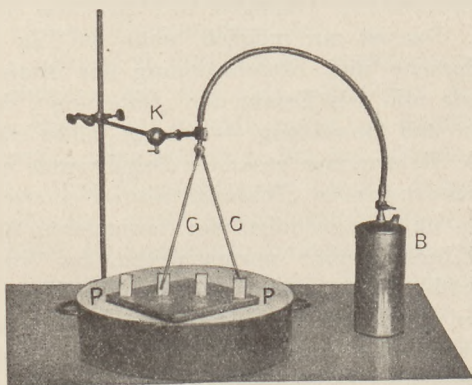


Fig. 1.

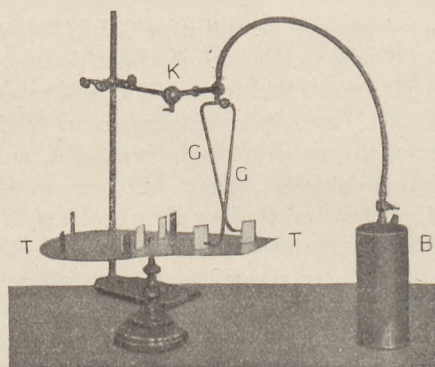


Fig. 2.

Abständen angeordnet. Man hat so je ein Kräftepaar von einfachem und doppeltem Hebelarm mit durch die Mitte des Armes gehender Drehungsachse, und je ein Kräftepaar mit einfachem und doppeltem Arm in beliebiger Lage zur Drehungsachse der Blechtafel zur Verfügung. Um die Scheibchen aus größerer Entfernung besser sichtbar zu machen, sind die Scheibchen in einfachem Abstand weiß, diejenigen in doppeltem Abstand mit roter Farbe gestrichen.

Man kann somit vor allem mit diesen Anordnungen die für das Verständnis der Wirkung von Kräftepaaren wichtige Tatsache vorführen, daß die Drehung eines Körpers durch ein Kräftepaar unabhängig von der Lage des Kräftepaares um die Schwerpunktsachse des Körpers erfolgt.

Als Kräftepaar wirken zwei Luftströme, die man aus einem Blasebalg, oder besser aus einem mit Hahn versehenen und mit Preßluft gefüllten Behälter *B* (Fig. 1 und 2), in welchem man die Luft z. B. mit einer Fahrradpumpe verdichtet, gegen zwei der lotrechten Blechscheibchen blasen läßt. Damit die beiden Druckkräfte möglichst gleich stark werden, wird der vom Preßluftbehälter kommende Luftstrom in einer Rohrgabel *G* (Fig. 1 und 2) aus 2 zweimal rechtwinklig umgebogenen und gegeneinander im Winkel verstellbaren, gleich langen und gleich weiten Rohren verzweigt. Mit Hilfe einer mit Kugelgelenk versehenen Klemme *K* (Fig. 1 und 2), die die Rohrgabel hält, gelingt es rasch und leicht, die Öffnungen der Rohre den Mitten der Blechscheibchen in der Ruhelage des zu drehenden Körpers gegenüberzustellen.

Die Vorrichtungen bieten den Vorteil, in kürzester Zeit betriebsbereit aufgestellt werden zu können.

München, im Mai 1916.

Physikalisches Kabinett d. K. B. Mil.-Bild.-Anstalten.

Benutzung von Schalttafelinstrumenten bei anderer als der gewöhnlichen Stromquelle.

Von Dr. O. Losehand in Rostock.

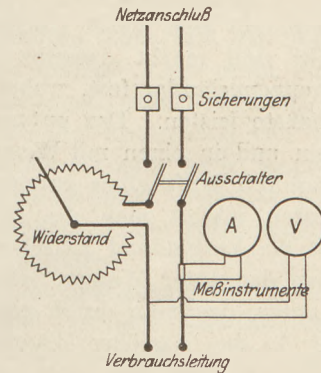
Wenn für den Unterricht in der Elektrizität der Anschluß an ein Gleichstromnetz zur Verfügung steht, so pflegen an der Schalttafel, über die man den Strom erhält, auch Strom- und Spannungsmesser nicht zu fehlen, und man wird keine Gelegenheit versäumen, dem Schüler von vornherein eine quantitative Vorstellung von der Größenordnung von Volt und Ampere zu geben. Auf derartige in Fleisch und Blut übergehende Vorstellungen wird ja mit Recht großes Gewicht gelegt. Oft aber wird der Fall auch so liegen, daß man trotz des vorhandenen Anschlusses es vorzieht, den Strom anderen Quellen, etwa Elementen oder Akkumulatoren zu entnehmen, ohne deshalb gern auf die Messung von Strom oder Spannung zu verzichten, aber es fehlen geeignete Volt- oder Amperemeter als Tischinstrumente.

In diesem Fall gestattet ein einfacher Kunstgriff die Benutzung der Schalttafelinstrumente, und er verdient wohl mehr bekannt zu werden.

Zunächst ist es nötig, eine völlige elektrische Trennung zwischen den Meßinstrumenten und der eigentlichen Stromquelle, also dem Netzanschluß, durchzuführen. Eine solche Trennung bewirkt ja schon der Ausschalter, denn erst hinter ihm sind bei normaler vorschriftsmäßiger Ausführung die Meßinstrumente angeordnet, während die Sicherungen, vom Elektrizitätswerk aus gesehen, vor ihm liegen (s. Fig.). Beim Dreileitersystem pflegt auch der Nulleiter gesichert zu sein. Indes wird man besser als durch den Ausschalter, um jede Gefahr für den Experimentierenden und die Apparate zu vermeiden, die Unterbrechung durch Heraus-schrauben der Sicherungen herstellen, wodurch die ganze Schalttafel spannungslos wird.

Die Benutzung des Voltmessers ist jetzt ohne weiteres möglich. Der Anschluß des Apparates, dessen Spannung man messen will, kann dort erfolgen, wo der Strom unter gewöhnlichen Umständen die Schalttafel verläßt, wo also entweder Klemmschrauben oder Steckkontakte angeordnet sind oder sich die schwarzen Hartgummihütchen befinden, welche die Klemmschrauben für die Dauerverbindung von Tafel und Leitung bedecken und leicht abzuschrauben sind. Oder man kann auch schließlich, wenn die Verbrauchsleitung zum Tisch geführt ist, dort den Apparat anschließen, wo sonst der Stromverbraucher seine Stelle hat. Die Leitung wird dann einfach umgekehrt benutzt. Das einzige, worauf man zu achten hat, ist, daß bei Instrumenten, deren Anschlagsrichtung von der Stromrichtung abhängt wie bei den üblichen Instrumenten nach Deprez-d'Arsonval der Strom in richtigem Sinne dem Instrument zugeführt wird. Gefahr für das Voltmeter wird kaum je vorhanden sein, da der Spannungsmesser ja bis 110 bzw. 220 Volt zu messen pflegt. Freilich ist dafür auch die Meßgenauigkeit nicht groß, doch hat im allgemeinen wohl der Spannungsmesser einen Nebenschluß zur Vervielfachung des Anschlags bei geringen Spannungen, dessen Verwendung den vorliegenden Fall begünstigt.

Wenig umständlicher ist die Benutzung des Strommessers. Nach Trennung vom Netz ist hier noch ein Kurzschluß anzubringen, der die beiden die Tafel durchlaufenden Leitungen zu einer zu verbinden hat. Natürlich wird man ihn nicht dort herstellen, wo eben die Netzsicherungen entfernt sind, weil dann Gefahr infolge von Unvorsichtigkeit nicht ausgeschlossen wäre, sondern etwa am Hauptschalter, bei dem ja blanke Teile heraustreten und ein Kurzschließen ohne Mühe durchführbar ist. Von Vorteil kann es nur sein, wenn auch der Schalttafelwiderstand sich mit im



Stromkreis befindet und dann nach Belieben zur Verfügung steht (vgl. Fig.). Auch hier erfolgt der Anschluß am einfachsten durch die gewöhnliche Leitung, wobei wieder auf die Ausschlagsrichtung des Amperemeters zu achten ist. Das Voltmeter macht natürlich dabei keinen Ausschlag.

Das Verfahren ist einfach und bequem, und die methodischen Bedenken, die man dagegen herausuchen könnte, treffen ebenso gut auf jede Schalttafelbenutzung zu, die man doch heutzutage nicht entbehren kann und will. Es wird sich auch solchen Schalttafeln anpassen lassen, bei denen die oben vorausgesetzte Schaltung von Sicherungen, Hauptschalter und Meßinstrumenten nicht zutrifft, auch der Verwendung von Wechsel- und Drehstrominstrumenten für Gleichstrommessungen scheint nichts im Wege zu stehen. Ich selber pflege in der oben angegebenen Weise Spannungs- und Strommesser unserer Akkumulatorenbatterie häufig zu benutzen, für welchen Zweck zwei Klemmschrauben, die statt der Hartgummihütchen aufzuschrauben sind, stets bereit liegen.

Versuche mit einfachen Mitteln.

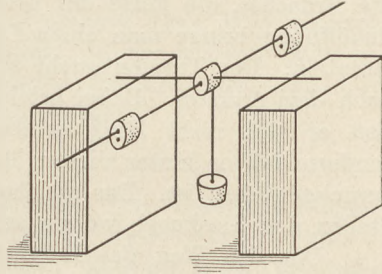
Ein leicht herstellbares Wasserbarometer. Von W. Kodweiß in Heidenheim a. d. Brenz. Weinhold beschreibt in seiner Vorschule der Experimentalphysik ein Wasserbarometer. Man kann sich jedoch mit einfacheren Mitteln ein solches Barometer zusammenstellen, vorausgesetzt, daß das Treppenhaus günstig dazu ist. Man verschafft sich (unter Umständen leihweise) ein ungefähr 9 m langes Wasserleitungsrohr und macht dasselbe in senkrechter Lage mit Hilfe von Stativklammern am Treppengeländer fest, wobei die Stäbe und Muffen des Volkmannschen Stativs gute Dienste leisten. Das untere Ende der Röhre muß etwa 15 cm vom Boden entfernt sein und in einen mit Wasser gefüllten Kübel eintauchen; das obere Ende verbindet man mit Hilfe eines guten Gummistopfens mit einer nicht zu engen Glasröhre; am besten nimmt man die Röhre, in der man die Kundtschen Staubfiguren erzeugt. Ist die Verbindung zwischen Wasserleitungsrohr und Glasrohr luftdicht, so schließt man das unter Wasser befindliche Ende des Wasserleitungsrohres mit einem Korkstopfen, den man durch einen Schüler hineindrücken läßt, während man von oben her in die Glasröhre Wasser eingießt, bis beide Röhren voll sind. Nun verschließt man die Glasröhre oben mit einem Gummistopfen; damit keine Luft unter dem Stopfen bleibt, ist es gut, wenn derselbe eine Durchbohrung hat, die man mit einem Glasstäbchen verschließt, sobald der Gummistopfen festsetzt. Jetzt zieht man den Kork im Kübel aus der Röhre und das Wasserbarometer ist fertig; zuerst führt der Wasserspiegel in der Glasröhre Schwingungen aus, er nimmt aber bald eine Stelle ein, die mit der vorher angestellten Rechnung, wobei natürlich die Spannkraft des Wasserdampfes nicht vernachlässigt werden darf, gut übereinstimmt. Läßt man das Barometer einige Tage stehen, so kann man die Veränderung des Wasserstands beobachten, bei der allerdings neben dem Luftdruck auch die Temperatur des in der Glasröhre befindlichen Wasserdampfes eine Rolle spielt. Will man das Wasser wieder aus der Röhre entfernen, so braucht man nur das Glasstäbchen aus dem Stopfen zu ziehen; um ein etwaiges Überlaufen des Wassers zu verhindern, darf man den Kübel nicht zu klein wählen.

Hat man eine geeignete gegen Wasserdämpfe unempfindliche Luftpumpe, so kann man mit derselben auch das Wasser aus dem Kübel heraufpumpen und kann auf diese Weise zeigen, daß die Steighöhe des Wassers in Pumpenrohren begrenzt ist.

Für die Praxis.

Apparat zur Lehre vom physischen Pendel. Von J. Friedrich in Aachen. Wie die Schwingungsdauer eines physischen Pendels vom Trägheitsmoment und von der Lage des Schwerpunktes abhängt, läßt sich leicht an folgendem einfach herzustellenden Apparat zeigen.

Ein leichtes Holzstäbchen wird durch einen Kork gesteckt, so daß die Mitte beider zusammenfällt. Senkrecht zum Stäbchen, etwas über seiner Mitte, durchbohrt man den Kork durch eine Stricknadel, welche die Schwingungsachse des Pendelmodells bilden soll. Damit der Schwerpunkt tief genug unter der Achse liegt, steckt man weiter in den Kork senkrecht zu Nadel und Stäbchen ein Stück Draht, das man nötigenfalls durch einen Gummistopfen beschwert. Über das Stäbchen schiebt man nun zwei nicht zu leichte, doppelt durchbohrte Gummistopfen, die vermöge der Reibung am Stäbchen in jeder Lage haften. Man bringt sie in gleiche Entfernung von der Achse, zunächst etwa so, daß die noch freie Durchbohrung senkrecht unter dem Stäbchen liegt. Lagert man nun den Apparat auf zwei Holzklötzen, so ist er im Gleichgewicht, der Schwerpunkt liegt senkrecht unter der Achse in dem hier befestigten Drahtstück.



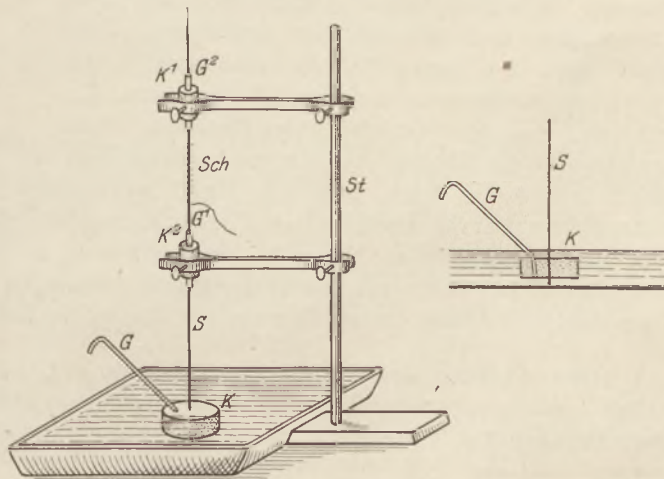
Nun läßt man den Apparat schwingen und beobachtet die Schwingungszeit. Verschiebt man die Stopfen, jedoch so, daß beide immer gleichweit von der Achse entfernt sind, so bleibt die Lage des Schwerpunktes stets dieselbe. In der veränderten Schwingungszeit zeigt sich also lediglich der Einfluß des veränderten Trägheitsmomentes.

Man kann aber auch die Lage des Schwerpunktes ändern, ohne daß das Trägheitsmoment davon betroffen wird. Aus der zuletzt beobachteten Lage dreht man die Stopfen heraus, so daß jetzt die freie Durchbohrung senkrecht über dem Stäbchen liegt. Man dreht also beide Stopfen um 180° , ohne jedoch ihre Entfernung von der Achse zu ändern. Das Trägheitsmoment ist dasselbe geblieben, denn jeder Stopfen liegt symmetrisch zu seiner vorhergehenden Lage. Der Schwerpunkt aber hat eine höhere Lage erreicht. Die nunmehr sich zeigende Vergrößerung der Schwingungsdauer beruht also allein auf der Veränderung des Schwerpunktes.

So läßt sich der Einfluß jedes der beiden Momente ganz unabhängig vom andern studieren, während sonst bei irgendeinem physischen Pendel fast jede Änderung des Schwerpunktmomentes auch mit einer Änderung des Trägheitsmomentes bzw. umgekehrt verknüpft ist.

Einfaches Modell einer Zentrifugalpumpe.¹⁾ Von J. Friedrich in Aachen. Durch die Mitte eines Korks von nicht zu kleinem Durchmesser wird ein Holz- oder Eisenstab SS gesteckt, so daß das Ende etwas hervorragt. Zur Seite wird der Kork nochmals durchbohrt, und die gebogene Glasröhre G eingeschoben. SS wird die Achse, G das Ausflußrohr der Pumpe.

Zur Befestigung der Achse dienen zwei kurze Glasröhren G_1 und G_2 , die fest in zwei Korken K_1 und K_2 sitzen, die ihrerseits in den Armen des Stativs St eingeklemmt sind. Die Drehung der Achse wird bewirkt durch Abziehen



¹⁾ Man vgl. hierzu Oettli, diese Zeitschrift 28, 265 (1915).

der Schnur *Sch.* Die Pumpe wird in ein flaches Gefäß mit Wasser gestellt. Das Wasser braucht kaum bis zur ersten Biegung der Röhre *G* zu reichen. Beim Abziehen der Schnur steigt es in *G* empor und fließt aus. Sowie das Ausfließen begonnen hat, kann man das Abziehen der Schnur verlangsamen.

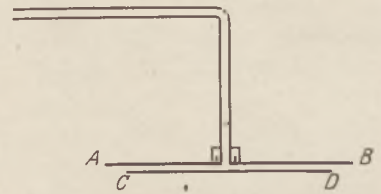
Die Ablenkung der Passate durch die Drehung der Erde läßt sich auf folgende Weise sehr einfach nachahmen. In jeder physikalischen Sammlung befindet sich ein kugelförmiges Glasgefäß, das auf die Zentrifugalmaschine aufgeschraubt werden kann, um die Wirkung der Zentrifugalkraft auf Flüssigkeiten zu zeigen. Dieses Gefäß auf die Maschine aufgesetzt, stelle die Erde dar, dann ist die vertikale Rotationsachse die Erdachse, die Mitte der Einflußöffnung der Nordpol usw. In die Nähe der Einflußöffnung bringe man einen Farbtropfen. Dann setze man die Glaskugel in schnelle Rotation. Der Tropfen sucht sich nun von der Achse zu entfernen und begibt sich nach dem Äquator. Dabei zeichnet er auf dem Glas seine Spur. Diese läßt erkennen, daß er sich nicht längs seines Ausgangsmeridians nach dem Äquator bewegt hat, sondern daß er hinter diesem Meridian entgegen dem Sinn der Drehung immer mehr zurückgeblieben ist. Das gleiche zeigt sich, wenn man den Tropfen von den tiefsten Stellen der Glaskugel, wo sie auf der Maschine aufsitzt, ausgehen läßt.

Um den Weg des Tropfens auch weithin sichtbar zu machen, kann man die Innenwand der Glaskugel weiß färben, indem man Kreidepulver mit Wasser oder Kalkmilch darin schüttelt.

J. Friedrich, Aachen.

Ein Versuch mit dem Papinschen Topf. Von J. Friedrich in Aachen. Clement und Desormes beschreiben einen Versuch, bei dem durch die Wirkung ausströmender Druckluft eine der Ausflußöffnung angebrachte Scheibe von Holz oder Metall schwebend erhalten wird. Doch da man nicht leicht Luft von hinreichendem Druck in hinreichender Menge zur Verfügung hat, so beschreiben die meisten Physikbücher einige einfache Vorrichtungen, die die gleiche Erscheinung natürlich in vermindertem Maße bereits bei einem durch Blasen erzeugten Luftstrom zeigen. Es ist aber nicht schwer, den Versuch in seiner ursprünglichen eindrucksvollen Form mit Hilfe des Papinschen Topfes zu wiederholen.

An die Ausströmungsöffnung des Dampfes schließt man ein rechtwinklig nach unten gebogenes Glasrohr. Am freien nach unten gekehrten Ende befestigt man eine mitten durchlochte Messingscheibe mittels eines durchbohrten Korkes, auf den die Scheibe aufgenagelt ist. Den Dampf erhitzt man auf 2—3 Atmosphären und läßt ihn dann ausströmen. Jetzt sucht man der festen Scheibe eine zweite von kleinerem Durchmesser konzentrisch zu nähern. Zuerst fühlt man den Gegendruck des Dampfes. Wenn der Abstand der Platten aber nur mehr einige Millimeter beträgt, so kann man die Hand wegnehmen, die Platte bleibt schwebend, während der Dampf zischend am Rande entweicht. Stellt man den Dampf ab, so fällt die Platte sofort ab. Dasselbe tritt ein, wenn der Druck im Kessel unter einen bestimmten, natürlich vom Gewicht der Platte abhängigen Wert gesunken ist. Bei meinen Versuchen war diese untere Grenze des Dampfdruckes ungefähr $1\frac{1}{2}$ Atmosphären.



Eine Wirkung des Erdmagnetismus. Von J. Friedrich in Aachen. Bei Versuchen mit leicht beweglichen, stromdurchflossenen Drähten beobachtete ich folgende Erscheinung¹⁾: Ich hatte einen dünnen, leichten Kupferdraht zwischen zwei Klemmen

¹⁾ Anm. der Redaktion: Über eine ähnliche Beobachtung von W. Volkmann an Lamettafäden vgl. diese Zeitschrift 18, 288 (1905).

befestigt, so daß er in einer weiten Kettenlinie herabhing. Wenn ich nun den Strom hindurchschickte, so schlug der Stromfaden aus seiner vertikalen Ebene zur Seite, und in dieser Lage blieb er, solange der Strom hindurchging. Kommutierte ich den Strom, so erfolgte der Ausschlag nach der entgegengesetzten Seite. Durch taktmäßiges Ein- und Ausschalten ließ sich der Stromfaden in sehr lebhaftes Schwingungen versetzen. Die Erscheinung trat ein, welches auch die Stellung der vertikalen Ebene des Drahtes in seiner Ruhelage sein mochte.


Die Erklärung ist einfach. Zu beiden Seiten des Drahtes verlaufen in Richtung der Inklinationsnadel die Kraftlinien der Erde. Mit dem Einschalten des Stromes treten dazu dessen kreisförmig verlaufende Kraftlinien. Auf der einen Seite laufen die Kraftlinien beider Systeme gleichgerichtet, auf der anderen Seite entgegengesetzt gerichtet. Auf der einen Seite findet also eine Erhöhung, auf der anderen Seite eine Abnahme des senkrecht zu den Kraftlinien herrschenden Druckes statt, und durch den Überdruck wird der Draht aus seiner Lage herausgedrängt.

Ausdehnung durch die Wärme und Glühtemperatur. Von H. Gepp in Heppenheim a. d. B. Ein bekannter Versuch über die Ausdehnung fester Körper durch die Wärme ist der folgende. Man hänge einen recht langen Eisendraht von wenigstens 4 m Länge und geringer Dicke (0,5 mm und weniger) etwas erhöht über dem Experimentiertisch an Fußklemmen auf und leite den Starkstrom, zunächst unter Verwendung des Vorschaltwiderstandes, hindurch. Der Draht senkt sich mit der allmählichen Verkleinerung des Widerstandes immer beträchtlicher, der Betrag kann an einem in der Mitte aufgestellten Vertikalmaßstab abgelesen werden. Kommt der Draht schließlich zum Glühen, so hat er sich gegen die horizontale Anfangslage um 25—30 cm gesenkt. Rasches Öffnen des Stromes läßt den Draht plötzlich in die Höhe schnellen und in Kürze Zimmertemperatur und frühere Länge wieder annehmen.

Derselbe Versuch ist auch quantitativ verwendbar. Man läßt den Draht zu diesem Zweck an dem einen Ende über eine Rolle (z. B. die Weinholdsche am zugehörigen Gestell) gleiten und gibt ihm durch 30—40 g mäßige Spannung. Wenn bei hinreichender Verstärkung des Stromes der Draht gerade zu glühen beginnt, liest man an einem Vertikalmaßstab sorgfältig ab, um welchen Betrag das Gewicht sich gesenkt hat (einige Zentimeter). Daraus läßt sich durch einfache Rechnung unter Voraussetzung des Ausdehnungskoeffizienten die Temperatur des beginnenden Glühens bestimmen:

$$\left(t = \frac{l_t - l_0}{\alpha l_0} + t_0 \right).$$

Selbsterstellung von Beugungsgittern. Von G. Plischke in Eichicht bei Reichenberg (D.-Böhmen). P. HANCK beschreibt in dieser Zeitschr. XXIX, Heft 1, die Selbsterstellung von Beugungsgittern mit Hilfe eines Leitzschen Handmikrotoms. Daß man auch den Drehbanksupport sehr gut dazu benutzen kann, zeigte mir in den Ferien 1915 Herr Adolf Hahn, Verwalter des Schäffermuseums in Jena. Ich habe zu Hause an meiner Drehbank die Sache fortgeführt und auch Kreisgitter geritzt. — Die beiliegenden Lichtbilder zeigen die Anordnung auf dem Support. Fig. 1 zeigt das Ritzen von geraden Gittern: Auf die Supportpratze *P* sind 2 Zapfen, quer durchbohrt, aufgeschraubt. Dazwischen spielt, einerseits mit einer Achse, andererseits in einer Spitze laufend, ein T-artiges Gestänge, das am Ende eine mit Stellschraube *St* und senkrechter Bohrung versehene Buchse *B* zum Einspannen des Gitterdiamanten *Di* trägt. In den oberen Teil der Buchse lassen sich zur Vergrößerung des Druckes Schrotkörner einfüllen. — Auf die senkrecht zum Drehbankbrett stehende Support-

kurbelachse läßt sich die Teilscheibe \mathcal{L} , am Umfange in 200 Teile geteilt, aufschrauben. Ein unter die Supportdrehschraube gelegter und festgeschraubter Index, dessen so  zugefeilte Spitze ein genaues Einstellen der Teilscheibe ermöglicht, ist aus Stahlblech geschnitten. Die Teilscheibe hat mir sehr sauber Max Kohl, A.-G., Chemnitz, den Gitterdiamanten sehr preiswert Ernst Winter & Sohn, Diamantwerkzeugfabrik, Hamburg 19, geliefert. Das Drehen an der Teilscheibe bewirkt das Seitwärtsrücken

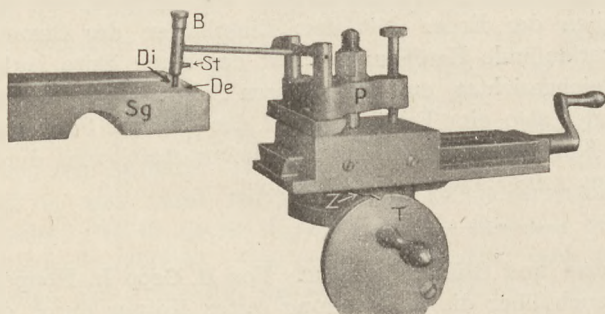


Fig. 1.

des Diamanten, während Drehen an der 2. Kurbel das Ritzen der Gitterlinie bewirkt. Die Gitter sind, wenn nicht übermäßiger Druck herrscht, für die Herstellungsart tadellos.

Fig. 2 zeigt das Ritzen von Kreisgittern. Neu kommt hier die Verwendung einer kleinen Drehscheibe D hinzu, auf der die zu beritzende Glasplatte De liegt. Als Drehscheibe benutzte ich den Lackringapparat für mikroskopische Präparate, der, auf einer Stahlkugel ohne seitliche Schwankungen laufend, von einem hiesigen Uhrmacher sehr billig hergestellt wurde nach Angaben meines Amtsbruders Robert Kahlig. Das Lager sitzt in einem in die Handauflagebohrung passenden Eisenzapfen. Wichtig ist beim Ritzen, über eine geritzte Linie nicht wieder zurückzufahren oder die Zwischenräume (Spalte) unregelmäßig zu machen, da sonst das Gitter nicht „geht“.

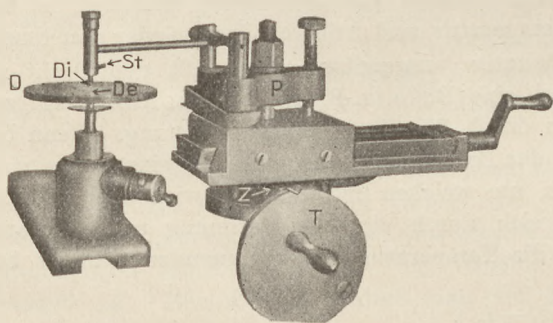


Fig. 2.

Ich ritzte Beugungsgitter mit 20 Linien auf 1,5 mm, „ 40 „ „ 1,5 „ „ 100 „ „ 1,5 „ und „ 200 „ „ 1,5 „

Als Glasplatten, auf die geritzt wurde, dienten einmal mikroskopische Deckgläser¹⁾ von $\phi = 21$ mm, das andere Mal mikroskopische Objektträger, die sich ebenso gut eigneten. Bei Kreisgittern macht es Schwierigkeiten, den Mittelpunkt zu treffen. Man kratze auf die Drehscheibe den Mittelpunkt ebenso wie einen konzentrischen Ring $\phi = 21$ mm, sowie 2 \perp aufeinanderstehende Durchmesser ein, damit man weiß, wo man begann, und drehe die Scheibe durch einen langsamen, mehr steil von obenherab geführten Fingerdruck.

Die ganze Vorrichtung läßt sich mühelos auf- und abschrauben, was vielleicht auch ein Vorteil ist.

¹⁾ Befestigt am Sägertisch oder der Drehscheibe mit Spannleiste.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Versuche zur Physiologie der Atmung.

VON O. OHMANN. Von den beiden Abhandlungen des Verfassers „Einfachere Vorlesungsversuche und Demonstrationen zur Physiologie der Atmung“¹⁾ und „Versuche und Erläuterungen zu den Kapiteln Blut und Atmung“²⁾ sind nachstehend die für den chemischen Unterricht in Betracht kommenden Teile wiedergegeben. Bezüglich der Blutversuche (Nachweis des Serumeiweißes, Regeneration des kohlendioxydhaltigen Blutes durch Sauerstoff u. a.) muß auf die Originalarbeiten, besonders die zweite, verwiesen werden.

1. Der allgemein saure Charakter der ausgeatmeten Luft ist wünschenswerter Weise vor dem speziellen Nachweis des Kohlendioxydgehaltes (mittels Kalkwassers) festzustellen. Zwei lange und enge, mit breiterem Fuß versehene Zylinder (50:5 cm lichter Weite) werden zu zwei Drittel mit Wasser gefüllt, dem man mehrere Tropfen Phenolphthaleinlösung und nur soviel von einer Basis — am besten Kalkwasser — zugesetzt hat, daß gerade eine deutlich rosarote Färbung auftritt. Bläst man nun durch das kürzere Glasrohr g_1 (Fig. 1) Atemluft

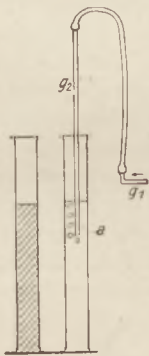


Fig. 1.

in den einen Zylinder, wobei man das längere Glasrohr g_2 zunächst nur in den oberen Teil, etwa bis a , senkt (damit nicht Flüssigkeitsmengen mit hochgerissen werden), um es allmählich unter vorsichtigem Blasen immer tiefer und schließlich bis zum Boden zu senken, so zeigt sich nach kurzer Zeit unter völliger Entfärbung die saure Reaktion. Der zweite rot bleibende Zylinder dient nur zur Unterstützung der Demonstration.

Man kann ihn durch einen Schüler gleichfalls zur Entfärbung bringen.

2. Der Kalkwasser-Atmungsversuch. Um bei diesem Versuch den Gegenbeweis mit gewöhnlicher Luft zu führen, hat man (z. B. ZUNTZ) verschiedene Apparate mit Ventilen usw. konstruiert. Am einfachsten ist die vielleicht nicht allgemein bekannte, wohl zuerst von

¹⁾ Zeitschr. f. biologische Technik und Methodik, herausg. v. Dr. M. Gildemeister, Straßburg i. E., Bd. 3, Nr. 7, 1914, S. 324/330. Leipzig, J. A. Barth.

²⁾ Aus der Natur, 1915, S. 577/586, Leipzig, Quelle & Meyer.

R. LÜPKE angegebene Einrichtung: eine Spritzflasche, in der das nach unten gebogene Spritzrohr durch ein anderes ersetzt ist, das oberhalb des Korkes die gleiche Biegung und weite Öffnung hat, wie das Mundrohr. Saugt man nun durch letzteres, so treten unten durch das Ersatz-Spritzrohr Luftblasen in das Kalkwasser die nach einer eine halbe Minute dauernden Einwirkung noch keine sichtbare Trübung hervorrufen, während wenige durch das Spritzrohr geführte Ausatmungen sofortige Trübung bewirken.

3. Messung der Atemgröße (Vitalkapazität). Ausrüstung: a) ein Fußzylinder von 5 l Inhalt (F , Fig. 2), dessen Fuß nur so breit sein darf, daß man ihn mit den ausgespreizten Fingern der linken Hand noch sicher fassen kann (wegen des Umwendens in der Wanne); dieser Zylinder wird (von einem Primaner) in ganze, halbe und viertel Liter graduiert. Für einfachere Verhältnisse kann auch eine billige Vorratsflasche verwendet werden. b) eine pneumatische Wanne W_1 mit kräftiger Brücke, c) eine kleinere Wanne W_2 von gleicher

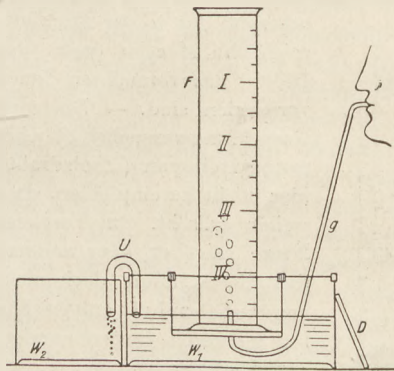


Fig. 2.

oder auch etwas geringerer Höhe, d) ein kurzes weites U-Rohr U , das durch Überspannen von 1 bis 2 Lagen Müllergaze zum „gefülltbleibenden Heber“ gemacht ist.

Ausführung. F wird, völlig mit Wasser gefüllt, auf die Brücke gestellt, und falls die Brücke nicht kräftig genug ist, von einem anderen Schüler oben etwas gehalten. Durch das nicht zu enge, zweckentsprechend gebogene Glasrohr g bläst man nun, nach kräftigster Inspiration, möglichst die ganze Atemluft aus der Lunge heraus und in F hinein: es werden 3 bis 4 l, zuweilen über $4\frac{1}{2}$ l, mit Atemluft angefüllt. Man lasse den Versuch zunächst durch einen Schüler schwächerer Konstitution und dann, je

nach der zur Verfügung stehenden Zeit, durch mehrere andere ausführen (nach jedesmaliger Reinigung des Mundstückes mittelst Kaliumpermanganatlösung). Im biologischen Praktikum der Oberstufe rät Verfasser dazu, jeden Einzelnen den Versuch vornehmen zu lassen, da er nach verschiedenen Richtungen hin Anregungen bietet und lehrreiche Folgerungen erlaubt. Das Resultat ruft stets große Überraschung hervor. Man kann auch bei ein und derselben Person noch die Größe der Respirationsluft (durch Ausatmen ohne besondere Anstrengung) sowie der Reserveluft (durch forciertes Ausatmen nach gewöhnlichem Einatmen, wobei natürlich die vorher ermittelte Respirationsluft in Abzug zu bringen ist) annähernd feststellen. Jene beträgt etwas mehr als $1\frac{1}{2}$ l, diese etwa $1\frac{1}{2}$ l.

4. Untersuchung der ausgeatmeten Luft hinsichtlich Unterhaltung der Verbrennung. Nach vollzogener stärkster Expiration wird der Fußzylinder mit der Deckplatte *D* unter Wasser bedeckt, mit dem noch darin befindlichen Wasser herausgehoben und aufrecht gestellt. Man hebt die Deckplatte ab und führt eine brennende Kerze ein: Die Flamme erlischt nicht (Fig. 3). Hierdurch ist der wichtige Nachweis



Fig. 3.

erbracht, daß in der Atemluft noch reichliche Mengen (weit über die Hälfte) unverbrauchten Sauerstoffs vorhanden sind. — Der sonst bei Gasprüfungsversuchen übliche brennende Holzspan („Holzdraht“) ist hier nicht zu empfehlen, da er zuweilen erlischt. Im Vergleich zur Kerze zeigt er aber andererseits, daß die Atemluft doch nicht der gewöhnlichen Luft entspricht, denn bei mehreren hintereinander von verschiedenen Personen ausgeführten Versuchen macht sich ein ziemlich ungleiches Brennen geltend; bei dem einen Primärerlosch der brennende Span sogleich, auch bei Wiederholung des Versuches. Die brennende Kerze ist daher unter allen Umständen vorzuziehen; sie erlischt bei vorsichtigem Einführen wohl nie, wenn sich auch die Flamme zuweilen stärker verkleinert. Noch deutlicher werden die Unterschiede, wenn bei einzelnen dieser Versuche die Atemluft längere Zeit in der Lunge behalten wurde, wodurch bekanntlich der Prozentgehalt an Sauerstoff weiter herabgesetzt wird. — Durch den Versuch wird auch verständlich, daß die Atemluft noch sehr wohl dazu dienen kann, zu feueranfänglich, weil sauerstoffzuführend, zu wirken, z. B. beim Anblasen des offenen Herdfeuers, wobei allerdings

noch seitlich mitgerissene Luft eine erhebliche Rolle spielt.

5. Demonstration der täglich zur Verbrennung gelangenden Kohlenstoffmenge. Ist durch diese Versuche Kohlendioxyd als wesentlichstes Säureprodukt der Atmung festgestellt, so lohnt es sich — in der Prima unter Zurückgreifen auf das Hesssche Gesetz der konstanten Wärmesummen — die Menge Kohlenstoff zu demonstrieren, die täglich im Körper eines Erwachsenen in Kalorien umgesetzt wird und als CO_2 zur Ausatmung gelangt. Es sind dies durchschnittlich 240 g. Werden diese als Holzkohle (leichte Meilerkohle) abgewogen — eine ansehnliche Heizmenge — und auf einen großen flachen Porzellanteller gebracht (Fig. 4), so erhält man ein dauerndes Schauobjekt, das seiner Wirkung auf die Zuhörer immer sicher ist. Da diese von A. W. v. HOFMANN stammende Sache ganz in Vergessenheit geraten scheint, soll hier nicht versäumt werden, sie eindringlich zu empfehlen. Im Anschluß hieran empfiehlt sich die Demonstration der



Fig. 4.

6. Verbrennungswärme der Stärke.

Auf der Oberstufe ist ein kalorimetrischer Versuch am Platze. Ein geeignetes Kalorimeter wurde von W. BAHRDT in dieser Zeitschr. (21, 145) beschrieben. Es ist genauer zu erläutern, daß bei der im Körper vor sich gehenden langsamen Verbrennung der Nahrungsmittel genau ebensoviel Kalorien entwickelt werden, wie bei der direkten Verbrennung. Auf der Mittelstufe (und zur Wiederholung auf der Oberstufe) genügt folgender Versuch³⁾: Ein Stück Weizenstärke (*S*, Fig. 5), das man mit dem Messer

leicht auf das Gewicht von 1 g bringen kann, wird auf ein zweckentsprechend gebogenes Drahtnetz *D* gebracht. Mittelst des senkrecht zu haltenden Rohres *R* wird aus der Stahlflasche ein mäßiger Sauerstoffstrom darauf geleitet und die Stärke durch eines seitlich genähernten Bunsenbrenner *B* entzündet. Das Brennen hält bei genügend schwachem Gasstrom überraschend lange an und vermittelt einen guten Begriff, wieviel Wärmematerial wir allein durch den Genuß eines einzelnen Weißbrötchens (Kriegs-

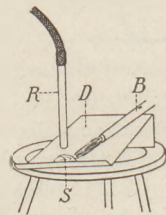


Fig. 5.

³⁾ Vgl. O. Ohmann: Ein in einer Gymnasialprima abgehaltener Biologischer Kursus. Natur und Schule, III, 154, Leipzig, Teubner-

semmel zum normierten Gewicht von 50 g zum Preise von 3 Pf. im Jahre 1915 und 1916) dem Körper zuführen. — Bezüglich der „Demonstration der täglich durch die Lungenatmung sowie durch die Hautabgegebenen Wasserdampfmengen“ (durchschnittlich $\frac{1}{3}$ bzw. $\frac{2}{3}$ kg) ist ebenfalls auf die Originalarbeiten zu verweisen.

Die meisten der beschriebenen Versuchs-

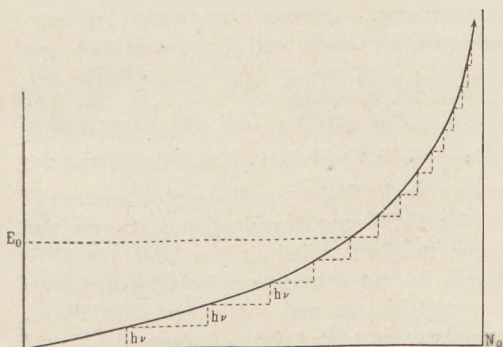
anordnungen bzw. Schauobjekte haben in der Ausstellung des Zentralinstitutes für Erziehung und Unterricht (Berlin, Potsdamer Str. 120) Aufstellung gefunden, und zwar in der vom Verfasser eingerichteten Abteilung „Chemie“. Die entsprechenden Gerätschaften liefern die Firma P. Altmann, Berlin NW., Luisenstr. 47 und Dr. R. Muencke, Berlin N, Chausseestr. 8.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die Quantenhypothese und ihre Anwendungen. Originalbericht von Dr. K. Schütt.

1. Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung. Nach den Anschauungen der kinetischen Gastheorie sind die Moleküle eines Gases in schneller geradliniger, durchaus ungeordneter Bewegung begriffen. Die Geschwindigkeit der Moleküle hat verschiedene Werte, ebenso ändert sich die Geschwindigkeit ein und desselben Moleküls, wenn wir es längere Zeit beobachten. Selbst wenn in einem Augenblick die Geschwindigkeit aller gleich wäre, würde dieser Zustand nicht erhalten bleiben; vielmehr würde er einem andern wieder Platz machen, bei dem sich die verschiedenen Werte der Geschwindigkeiten in ganz bestimmter Weise über die Moleküle verteilen. Dieses Verteilungsgesetz ist 1860 von Maxwell gefunden unter Benutzung der statistischen Mechanik, die bei allen den Erscheinungen am Platze ist, wo sich aus zufälligen Einzelvorgängen deutliche Gesamtwirkungen ergeben. Die statistische Methode gibt zwar keine absolut gewissen Aussagen, aber doch solche, deren Wahrscheinlichkeit mit der Zahl der Einzelfälle steigt. Die nebenstehende Abbildung gibt nach Nernst¹⁾ eine

ihrer augenblicklichen Energieinhalte in gleichen Abständen nebeneinander angebracht; als Ordinaten sind die Energiewerte aufgetragen. Die ausgezogene Kurve stellt dann die Energieverteilung nach Maxwell dar; man sieht, sie ist kontinuierlich, jeder Energiewert zwischen 0 und ∞ ist in irgendeinem Molekül vorhanden. Diese Verteilung (Gestalt der Kurve) ändert sich nicht mit der Zeit, wohl aber die Anordnung der Moleküle auf der horizontalen Achse, indem ja durch den Zusammenstoß die Moleküle ihre Energie untereinander austauschen. Das mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung erhaltene Gesetz ist natürlich der Beobachtung nicht direkt zugänglich; mittels dieser können wir vielmehr nur Mittelwerte fassen. Die mittlere Energie E_0 eines Moleküls erhalten wir, indem wir das Mittel aus den Momentanwerten sämtlicher Moleküle (Mittel der Ordinaten) bilden, oder indem wir ein und dasselbe Molekül eine genügend lange Zeit beobachten, seine jeweiligen Energiebeträge messen und aus diesen das Mittel nehmen. Man kann sich vorstellen, daß das Molekül während dieser Zeit die Abszissenachse etwa von links nach rechts durchläuft und die zugehörigen Energiewerte annimmt. Auf diese Weise kommen wir zu dem Resultat, daß der zeitliche Mittelwert E_0 der Energie für alle Moleküle des Gases gleich ist, daß sich die Gesamtenergie mithingleichmäßig auf die Moleküle verteilt. Die mittlere Energie einer Molekel (Masse m , mittlere Geschwindigkeit v) ist $\frac{m \cdot v^2}{2}$. Da das Mol N Moleküle (Avogadro'sche Zahl $N = 6,17 \cdot 10^{23}$) enthält, ist seine Gesamtenergie $L = N \cdot \frac{m \cdot v^2}{2}$. Andererseits ergibt sich aus den Gasgesetzen, daß für einatomige Gase $L = \frac{3}{2} R \cdot T$ ist, wo R die Gaskonstante $= 1,98 \text{ g Kal.} = 8,315 \cdot 10^7 \text{ Erg.}$ bedeutet. Danach berechnet sich die Energie eines Mol bei der Temperatur des schmelzenden Eises zu 810 g Kal. oder 350 mkg. Die mittlere Energie eines Moleküls ergibt sich daraus:



anschauliche Darstellung, wie sich die Energie, deren Verteilung dieselbe ist wie die der Geschwindigkeiten, auf die N_0 Moleküle des Gases verteilt; sie stellt gewissermaßen eine Momentaufnahme des molekularen Energieinhalts dar. Auf der Abszisse sind die Moleküle nach Größe

¹⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie 17, S. 205 (1911).

$$E_0 = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{N} \cdot T = \frac{3}{2} k \cdot T. \quad (a)$$

Nimmt man an, daß die Atome Kugeln sind, dann ist die Lage eines Atoms im Raume durch drei Bestimmungsstriche, etwa die drei Koordinaten x, y, z bestimmt. Jede seiner Bewegungen läßt sich in Komponenten nach diesen drei Richtungen zerlegen; dem Atom steht demnach eine dreifache Bewegung frei; es hat drei Freiheitsgrade. Das Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung sagt aus, daß sich die Energie im Mittel gleichmäßig auf die Freiheitsgrade verteilt, so daß mithin auf jeden der Betrag

$$\frac{E_0}{3} = \frac{1}{2} \frac{R}{N} T = \frac{k}{2} \cdot T \quad (b)$$

kommt, wo $k = 1,347 \cdot 10^{-16}$ Erg. (Gaskonstante dividiert durch Avogadro'sche Zahl) ist.

Wird das Mol um 1° erwärmt, dann steigt seine Energie um $\frac{dL}{dT} = \frac{3}{2} R = 2,97$ g Kal. Die Erfahrung zeigt, daß tatsächlich die Molwärme (d. i. die spezifische Wärme bei konstantem Volumen bezogen auf ein Mol) für alle einatomigen Gase diesen Wert hat (untersucht für Neon, Argon bis zu 2500° , Helium bis zur Temperatur der flüssigen Luft).

Die Moleküle der meisten Gase bestehen aus zwei Atomen, haben also die Gestalt einer Hantel. Zur Beschreibung der räumlichen Lage derselben sind außer den drei Koordinaten des Mittelpunktes der einen Kugel noch zwei Winkel nötig, die die Lage der Hantelachse im Raume bestimmen, also fünf Bestimmungsstücke. Dementsprechend hat das Molekül fünf Freiheitsgrade; seine Bewegungsmöglichkeit ist fünffach und zwar finden statt drei Translationen und zwei Rotationen, eine um die Hantelachse, die andere um eine dazu senkrechte durch die Mitte der ersteren. Bei den Zusammenstößen der Moleküle untereinander entstehen Drehbewegungen derselben, die einen Teil der Gesamtenergie darstellen. (Wir haben oben stillschweigend vorausgesetzt, daß in einem einatomigen Gase die vielleicht vorhandenen Rotationen keine Energie beanspruchen, siehe Näheres darüber unter 3.) Wenden wir das Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung auf das zweiatomige Molekül an, dann ergibt sich, daß es entsprechend seiner fünf Freiheitsgrade die Energie $5 \cdot \frac{k}{2} \cdot T$ und ein Mol $N \cdot \frac{5}{2} k \cdot T$ besitzt und daß demnach seine Molwärme $N \cdot \frac{5}{2} k = \frac{5}{2} \cdot R = 4,95$ g Kal. ist. Messungen zeigen, daß diese Voraussage für eine Reihe von Gasen ($O_2, N_2, H_2, HCl, CO, NO$ u. a.) bei gewöhnlicher Temperatur richtig ist, für höhere Tem-

peraturen wachsen die gefundenen Werte über 5 hinaus. Für andere (J_2, Br_2, Cl_2, JCl) ist die Molwärme schon bei gewöhnlicher Temperatur größer als 5 und nimmt weiter zu. Nun ist bekannt, daß diese letzteren Gase bei höherer Temperatur in Atome zerfallen, und es ist wahrscheinlich, daß diese Dissoziation schon vor ihrem Eintreten durch Lockerung der starren Verbindung der beiden Atome sich bemerkbar macht, so daß Schwingungen der Atome längs der Hantelachse auftreten. Das bedeutet aber das Auftreten eines oder zweier (potentielle Energie, siehe unten) neuer, Energie beanspruchender Freiheitsgrade. Ähnliche Schwingungen scheinen bei höheren Temperaturen auch in den Molekülen der ersten Gruppe von Gasen aufzutreten. Das Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung ist demnach auch für zweiatomige Gase für mittlere und höhere Temperaturen richtig. Anders für tiefe Temperaturen. Durch Versuche von Eucken ist festgestellt, daß die Molwärme des Wasserstoffs mit sinkender Temperatur immer kleiner wird und unter 50° abs. den Wert der einatomigen Gase 3 annimmt; auch andere Gase scheinen bei genügend tiefen Temperaturen diesen Wert zu erreichen. Das heißt aber, daß die Moleküle sich jetzt bei den Zusammenstößen keine Rotationsenergie erteilen, daß also das genannte Gesetz für tiefe Temperaturen nicht gültig ist.

Ähnliches gilt für die Atomwärme fester Körper. Das Atom eines solchen ist durch elastische Bindungen mit seinen Nachbarn verknüpft. Es schwingt nach den drei Richtungen x, y und z . Da aber die Energie eines Pendels sich im Mittel aus kinetischer und potentieller zusammensetzt, hat das Atom sechs Freiheitsgrade (drei kinetische und drei potentielle), von denen jeder pro Grad die Energie $\frac{k}{2}$ beansprucht. Das ergibt für das Grammatom $N \cdot 6 \cdot \frac{k}{2} = 3 \cdot R = 5,94$ g. Kal., ein Wert, der für eine große Reihe von Elementen annähernd mit der Erfahrung übereinstimmt (Gesetz von Dulong und Petit). Bei einigen (z. B. C und B) dagegen ist die Atomwärme bei Zimmertemperatur viel kleiner und strebt erst bei höherer Temperatur dem Wert 6 zu. Andererseits nimmt für alle festen Körper die Atomwärme bei tiefen Temperaturen ab und nähert sich dem Wert 0, so daß auch hier das Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung sich nur für mittlere und hohe Temperaturen als richtig erweist.

2. Die Temperaturstrahlung. In der Lehre von der Strahlung spielt der schwarze

Körper eine große Rolle; er absorbiert alle auf ihn fallenden elektromagnetischen Wellen und strahlt am besten von allen Körpern aus. Die von ihm ausgehende Strahlung hängt lediglich von seiner Temperatur T und der Farbe der Strahlung (Frequenz ν) ab, ist also eine universelle Funktion von ν und T . Zur experimentellen Untersuchung der schwarzen Strahlung bedient man sich bekanntlich eines Hohlraums, der von außen geheizt wird. In ihm stellt sich nach Kirchhoff, wenn die Wände undurchlässig sind, automatisch die schwarze Strahlung her. Bringt man eine so kleine Öffnung an, daß dadurch an dem Zustand im Innern keine merkbare Änderung hervorgerufen wird, so dringt die Strahlung nach außen; man kann sie spektral zerlegen und mittels eines geeigneten Kalorimeters die Energieverteilung über die Frequenzen bei verschiedenen Temperaturen untersuchen. Diese Messungen sind hauptsächlich von Lummer, Wien, Kurlbaum und Pringsheim ausgeführt worden, so daß wir gut über die Energieverteilung im Spektrum des schwarzen Körpers orientiert sind.

Große Schwierigkeiten dagegen macht es, auf theoretischem Wege eine Strahlungsformel aufzustellen.²⁾ Betrachten wir das Innere des evakuierten Hohlraums, dann ist er von Energie in Gestalt von Strahlung erfüllt, die aus einem wirren Gemisch von unzähligen vielen Wellen verschiedener Länge, Amplitude und Phase besteht. Es liegen also auch hier wie bei der Molekularbewegung der Gase unkontrollierbare Einzelvorgänge vor, deren mittlerer Effekt der Beobachtung zugänglich ist, auf die sich also die Methoden der Statistik anwenden lassen. Um Aufschluß zu erhalten, wie sich die Energie auf die Frequenzen verteilt, nimmt Debye³⁾ an, daß die Wände des Hohlraums spiegeln. Die Strahlen laufen dann zwischen ihnen hin und her, und es werden sich Systeme stehender Wellen ausbilden, die sich zwischen den Wänden so einordnen, daß der Abstand der Wände stets ein ganzes Vielfaches der halben Wellenlänge ist. Man stellt sich also die ganze Energie des Raumes verteilt auf die zahlreichen stehenden Wellen verschiedenster Frequenz ν vor. Die ein-

zelnen möglichen stehenden Wellen stellen die Bestimmungsstücke der Vorgänge dar und entsprechen den Freiheitsgraden. Die Anzahl derselben, die zwischen zwei dicht beieinander liegenden Schwingungszahlen ν und $\nu + d\nu$ enthalten sind, läßt sich abzählen. Dabei ist zu bedenken, daß jede Welle wegen des hinein-kommenden Betrages an potentieller Energie zwei Freiheitsgrade hat. Nimmt man an, daß das Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung hier gültig ist, daß sich also die Energie auf die einzelnen möglichen stehenden Wellen in derselben Weise verteilt wie auf die Moleküle eines Gases, siehe die Abbildung (auf der Abszissenachse hat man sich statt der Gasmoleküle die Wellensysteme aufgetragen zu denken), dann erhält man unter Benutzung thermodynamischer und elektrodynamischer Sätze die Rayleigh-Plancksche Strahlungsformel

$$u = 8\pi \frac{\nu^3}{c^3} k \cdot T. \quad (c)$$

Hier bedeutet u die Energiedichte, d. h. die in der Volumeinheit enthaltene Strahlungsenergie, c die Lichtgeschwindigkeit und k die schon häufig erwähnte Konstante. Während die Formel für lange Wellen (kleine ν) und hohe Temperaturen mit der Erfahrung übereinstimmt, steht sie als allgemeines Strahlungsgesetz in scharfem Widerspruch zu ihr. Die experimentell gewonnenen Kurven, die die Abhängigkeit der Energie von der Wellenlänge darstellen, steigen für großes λ von der Abszissenachse an, erreichen für ein bestimmtes λ ein Maximum und sinken für kleines λ wieder zur Achse herab. Dagegen zeigt u überhaupt kein Maximum, sondern wird für große Frequenzen (kleine Wellenlängen) dauernd größer; die Gesamtstrahlung wird unendlich, während sie in Wirklichkeit endlich ist. Also auch hier versagt das Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung. Wenn man daran festhält, daß sich die Energie der gewöhnlichen Wahrscheinlichkeitsbetrachtung gemäß verteilt, können uns also die elektromagnetischen Theorien, die sich auf einer großen Reihe von Erfahrungstatsachen aufbauen, nicht über das allgemeinste Phänomen, die Lichtaussendung, Auskunft geben. Es muß in diesen Erscheinungen noch etwas Unbekanntes stecken.

Die Lösung der Schwierigkeit bringt die Plancksche Quantenhypothese.⁴⁾ Stellt man sich vor, daß sich in dem Hohl-

²⁾ Einstein sagt: es wäre erhebend, wenn wir die Gehirnschubstanz auf eine Waage legen könnten, die von den theoretischen Physikern auf dem Altar dieser universellen Funktion hingepflegt wurde; und es ist dieses grausamen Opfers kein Ende abzusehen!

³⁾ W. Wien: Vorlesungen über neuere Probleme der theoretischen Physik. Teubner, Berlin und Leipzig 1913.

⁴⁾ M. Planck: Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung. 1. u. 2. Aufl. J. A. Barth, Leipzig 1903 u. 1913.

raum lineare Resonatoren (positiver Kern und Elektron, die auf einer Geraden schwingen) von der Frequenz ν befinden, dann stellt sich, wenn die schwarze Strahlung über sie hinstreicht, ein Gleichgewichtsumstand her, bei dem in jedem Moment die von den Resonatoren aufgenommene gleich der von ihnen abgegebenen Energie ist. Wie sich mit Hilfe der Thermo- und der Elektrodynamik zeigen läßt, ist die Energiedichte der Strahlung von der Frequenz ν (nur auf diese sprechen die Resonatoren an)

$$u_\nu = \frac{8\pi \cdot \nu^2}{c^3} \cdot U_\nu, \quad (d)$$

wo c wie oben die Lichtgeschwindigkeit und U_ν die mittlere Energie eines Resonators bedeutet. Setzt man diese dem Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung gleich $k \cdot T$ (zwei Freiheitsgrade), dann erhält man die Strahlungsformel (e), die nicht mit der Erfahrung stimmt. Planck nimmt nun an, daß sich die Energie nicht stetig über die Resonatoren verteilt, sondern nach Energiequanten von der Größe $\varepsilon = h\nu$. Denkt man sich auf der Horizontalachse der Abbildung die N_0 Resonatoren aufgetragen, dann stellt die treppenförmige Linie den Energiebetrag derselben dar. Die erste Gruppe links enthält gar keine Energie, die nächste den Betrag $\varepsilon = h\nu$, die weitere $2\varepsilon = 2h\nu$ usw., die rechts liegenden Gruppen enthalten eine größere Anzahl von Quanten. Während bei der Maxwell'schen Verteilung sämtliche Energiewerte zwischen 0 und ∞ vorkommen, sind es hier nur die ganz bestimmten Werte 0, ε , 2ε , 3ε usw. Die Energie erscheint also atomisiert. Aber die Größe des Quants ist nicht etwa konstant, sondern sie ist für Resonatoren von größerer Frequenz größer gemäß der Gleichung

$$\varepsilon = h \cdot \nu,$$

in der h eine universelle Konstante, das elementare Wirkungsquantum bedeutet ($6,55 \cdot 10^{-27}$ erg. \times sec.). Also diskontinuierliche Verteilung der Energie in ganzen Vielfachen eines Quants auf die Freiheitsgrade und Zunahme des Quants mit der Frequenz — das ist das grundlegende Neue der Planckschen Theorie. Während Planck in seiner ersten Veröffentlichung (1901) annimmt, daß sowohl die Emission wie die Absorption des Resonators diskontinuierlich erfolgt, fordert er neuerdings nur eine Emission nach Quanten; die Absorption der Energie geht kontinuierlich vor sich. Ein Resonator ist einem Gefäß zu vergleichen, in welches Wasser hineinläuft; hat es eine gewisse Höhe erreicht, dann schlägt das Gefäß um und schüttet seinen Inhalt aus. Das Leuchten ist also ein Vorgang.

Die mittlere Energie der Resonatoren ergibt sich

$$U_\nu = \frac{h \cdot \nu}{2} + \frac{h \cdot \nu}{e^{\frac{h \cdot \nu}{k \cdot T}} - 1} = \frac{h \nu}{2} + U. \quad (e)$$

Setzt man die absolute Temperatur $T=0$, dann wird $U_\nu = \frac{h \cdot \nu}{2}$, d. h. auch beim absoluten Nullpunkt enthält der Resonator noch Energie, die Nullpunktsenergie⁵⁾ Da das Atom nur Beträge von der Größe $\varepsilon \cdot \nu$ emittieren, dagegen beliebig kleine Beträge absorbieren kann, so muß alle Energie, die kleiner ist als $h \cdot \nu$, zurückbleiben; sie hat im Mittel den Wert $\frac{h \cdot \nu}{2}$. Da diese mithin für die Strahlung nicht in Betracht kommt, ist nur der zweite Summand U ⁶⁾ in Gleichung (d) einzusetzen. Man erhält

$$u_\nu = \frac{8\pi h \cdot \nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h \cdot \nu}{k \cdot T}} - 1}, \quad (f)$$

die Plancksche Strahlungsgleichung; sie ist in guter Übereinstimmung mit den Beobachtungen. Es lassen sich mit ihrer Hilfe gute Werte für die Avogadro'sche Zahl ($k = \frac{R}{N}$) und die Ladung des Elektrons berechnen. Es kann daher wohl kein Zweifel bestehen, daß den Planckschen Anschauungen etwas Richtiges zugrunde liegt, wenn wir auch noch durchaus nichts darüber sagen können, auf welchen Vorgängen im Innern des Atoms die quantenhafte Energiemission beruht.

3. Anwendungen der Quantenhypothese. Die Anschauung, daß sich die Energie nach Quanten verteilt, findet eine wesentliche Stütze in der Theorie der spezifischen Wärme fester Körper, für die (s. o.) das Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung bei tiefen Temperaturen versagt. Einstein⁷⁾ erteilt jedem der sechs Freiheitsgrade, die ein Atom eines festen Körpers hat, den halben Energiebetrag $\frac{U}{2}$ des Planckschen Resonators und

⁵⁾ Als ein unmittelbarer Beweis für die Existenz einer (nichtthermischen) Nullpunktsenergie ist der (1915) von Einstein und de Haas gelieferte experimentelle Nachweis der Ampère'schen Molekularströme anzusehen.

⁶⁾ Nach Debye (S. 325a) stellt jede mögliche stehende Welle zwei Freiheitsgrade des Systems dar; erteilt man ihnen die Energie U des Planckschen Resonators, so kommt man ebenfalls zur Planckschen Gleichung.

⁷⁾ *Ann. d. Phys.* IV 22, S. 180 (1907).

findet für die Energie des Grammatoms den Wert

$$E = 3Nh \cdot \nu \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Durch Differentiation nach T ergibt sich daraus für die Atomwärme ein Wert, der den beobachteten Abfall der Atomwärme des Diamanten mit sinkender Temperatur gut darstellt. Ähnliche Formeln sind unter der gleichen Voraussetzung von Nernst und Lindemann⁸⁾, Nernst⁹⁾, Debye u. a. aufgestellt; sie zeigen gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen. Der Wert ν der Atomfrequenz der Wärmebewegung läßt sich aus den elastischen Konstanten des Körpers ableiten (Einstein¹⁰⁾ oder nach Nernst aus der Frequenz der längsten infraroten Wellen (Reststrahlen) oder nach Born und v. Karman¹¹⁾ aus der mittleren Geschwindigkeit, mit der sich Schallwellen in dem Körper fortpflanzen.

Auch auf die Theorie der Molwärme der Gase ist die Quantentheorie mit Erfolg angewendet worden. Die Energie zweiatomiger Gase setzt sich (siehe 1) aus zwei Teilen zusammen, der translatorischen und der rotatorischen. Für die letztere nimmt Bjerrum¹²⁾ an, daß sie sich quantenhaft ändere. Bezeichnet J das Trägheitsmoment und ν die Tourenzahl um eine zur Hantelachse senkrechte Hauptachse, dann ist die Rotationsenergie gleich $\frac{J}{2} \cdot (2\pi\nu)^2$; diese soll stets ein ganzes Vielfaches n des halben Planckschen Energiequantums sein, so daß $\frac{J}{2} (2\pi\nu)^2 = n \frac{h \cdot \nu}{2}$ ($n = 1, 2, 3$ usw.) und $\nu = n \frac{h}{4\pi^2 \cdot J}$ ist. Die Tourenzahl kann mithin nicht jeden beliebigen Wert, sondern nur ganze Vielfache von $\frac{h}{4\pi^2 \cdot J}$ (= Konst.) annehmen. Unter dieser Voraussetzung läßt sich die starke Abnahme der Molwärme des Wasserstoffs bei fallender Temperatur befriedigend darstellen. Ist J , wie es bei leichten Gasen zu vermuten ist, klein, dann ist die Tourenzahl ν sehr groß; gemäß der Gleichung $\varepsilon = h \cdot \nu$ ist das für eine (sprungweise) Änderung der Rotationsgeschwindigkeit erforderliche Quant sehr groß. Da bei

niedriger Temperatur die Gesamtenergie des Gases gering ist, wird die bei einem Zusammenstoß übertragene Energie nicht diesen Wert erreichen, so daß also die Rotation keine Energie beansprucht. Vielmehr wird sich beim Zusammenprall Rotationsenergie in translatorische verwandelt. Es ist also zu erwarten, daß mit sinkender Temperatur die Zahl der rotierenden Molekeln und damit die Zahl der Freiheitsgrade und die Molwärme (bis zu dem Wert 3) abnehmen. Die Temperaturabhängigkeit der Molwärme wird für leichte Gase, die wegen ihrer hohen Tourenzahl ein großes „Rotationsminimum“ $\varepsilon = h\nu$ haben, besonders stark sein. Die Erfahrung bestätigt diese Voraussagen. — Daß die Atomwärme der Edelgase von der Temperatur unabhängig ist, liegt daran, daß das einzelne Atom ein äußerst kleines Trägheitsmoment hat und deshalb ein sehr hohes Quant für die Rotation beansprucht.

Die Hypothese Bjerrums, nur gewisse Rotationsgeschwindigkeiten als stabile Bewegungsart anzunehmen, wird gestützt durch Versuche über das Absorptionsspektrum. Da die Moleküle elektrische Ladungen enthalten, ist zu erwarten, daß Rotationen derselben sich optisch bemerkbar machen. Läßt man Strahlen aller Frequenzen (weißes Licht) durch Wasserdampf fallen, dann wird man für alle diejenigen Wellenlängen eine Absorption (Resonanz) zu erwarten haben, deren Frequenz mit einer Rotationszahl der Wasserdampfmoleküle zusammenfällt. Beobachtungen am „Rotationsspektrum“ des Wasserdampfes, die von E. v. Bahr (1913) und neuerdings von H. Rubens und E. Aschkinass¹³⁾ angestellt sind, zeigen, daß im Infraroten eine Reihe diskreter Absorptionsstreifen auftreten, deren Lage in Übereinstimmung mit der Theorie ist.

Läßt man ultraviolettes Licht oder Röntgenstrahlen auf die Oberfläche fester Körper fallen, so findet an derselben eine Elektronenemission statt, deren Geschwindigkeit nicht von der Intensität, sondern von der Frequenz der auffallenden Strahlung abhängt. Röntgenstrahlen lösen besonders schnelle Elektronen aus. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß auch dieser Vorgang in naher Beziehung zur Planckschen Quantenhypothese steht; mißt man nämlich die kinetische Energie des fortgeschleuderten Elektrons, dann findet man sie sehr nahe gleich $h\nu$, wo ν die Frequenz der auslösenden Strahlen bedeutet. (Der hieraus berechnete Wert der Wellenlänge der Röntgenstrahlen ist von der

⁸⁾ *Zeitschr. f. Elektrochemie XVIII, S. 817 (1911).*

⁹⁾ Vorträge der Wolfskehl-Stiftung 1913 in Göttingen. Teubner 1914.

¹⁰⁾ *Ann. d. Phys. IV 34, S. 170 (1911).*

¹¹⁾ *Physikal. Zeitschr. XIV, S. 15 (1913).*

¹²⁾ Nernst-Festschrift. Halle, Knapp (1912).

¹³⁾ *Verh. d. Deutsch. Physikal. Ges. XVIII, S. 154 (1916).*

selben Größenordnung, wie er sich aus den Beugungsversuchen ergibt.) Die Rechnung ergibt, daß eine verhältnismäßig lange Zeit nötig wäre, um den beobachteten Energiebetrag aus dem Licht anzusammeln. Dieses scheint demnach mehr eine auslösende Rolle zu spielen, während die Energie aus dem Atom stammt. Dieses enthält ja (siehe unter 2) einen Energievorrat (Nullpunktsenergie), dessen Mittelwert $\frac{h \cdot \nu}{2}$ ist; diejenigen Atome, deren Energie nur wenig kleiner als $h\nu$ ist, nehmen den fehlenden Betrag aus der auffallenden Strahlung und emittieren dann Elektronen. Bei denen dagegen, deren Energieinhalt kleiner ist, bedarf es einer längeren Zeit, bis sie die Energie $h\nu$ aufgenommen haben und emittieren können. Läßt man nach Franck und Hertz¹⁴⁾ langsame Elektronen (sie gingen von einem glühenden Platindraht aus) auf die Moleküle von Quecksilberdampf fallen, so werden sie, solange ihre kinetische Energie kleiner als der Betrag $\epsilon = h\nu$ ist, elastisch reflektiert. Erreicht ihre Wucht dagegen diesen Wert, so führen die Stöße zur Ionisation des Quecksilberdampfes und zur Emission von Licht von der Frequenz ν .

Auch für die Theorie der Spektrallinien hat sich die Quantenhypothese als wertvoll erwiesen. Balmer ist es (1885) gelungen, auf empirischem Wege eine Formel zu finden, welche die Wellenlängen der Serienlinien des Wasserstoffspektrums mit vorzüglicher Genauigkeit ergibt, wenn man für eine Laufzahl die Werte bestimmter aufeinanderfolgender ganzer Zahlen einsetzt. Später hat man ähnliche Formeln für die Serienlinien anderer Elemente aufgestellt. Die Gesetzmäßigkeiten im Spektrum müssen sich in den Schwingungen der Elektronen im Atom wiederfinden. Bohr hat ein Atommodell ersonnen, das die Serienformel des Wasserstoffs abzuleiten gestattet. Er nimmt an, daß um einen positiven Kern ein Elektron auf Kreisbahnen von verschiedenen ganz bestimmten Radien kreist. Sein Energiegehalt auf den verschiedenen Bahnen unterscheidet sich um je $h \cdot \nu$. Bei der Kreisbewegung findet keine Strahlung statt, diese tritt vielmehr erst dann ein, wenn es von einer Bahn zur andern übergeht und zwar strahlt es dann den Betrag $h \cdot \nu$ aus. Die Rechnung führt zu einer Formel mit Laufzahl, welche die Wellenlängen der Wasserstoffserie

mit großer Genauigkeit liefert. In entsprechender Weise lassen sich Formeln für Atome mit mehr als einem Elektron (He) aufstellen. Auch hier wird eine Nullpunktsenergie angenommen. — Die Bohrschen Annahmen stehen in Widerspruch zu den Gesetzen der Elektrodynamik; nach ihnen müßte schon beim Kreisen des Elektrons eine Ausstrahlung stattfinden.

Überblickt man noch einmal die vorstehenden Ausführungen, so kommt man zu dem Resultat, daß noch große Schwierigkeiten zu überwinden sein werden, um die Quantenhypothese und die wohl begründeten Anschauungen der klassischen Elektrodynamik miteinander in Übereinstimmung zu bringen. Nur bei höherer Temperatur scheint die vollkommene Unordnung der Molekularbewegung zu bestehen, welche die früheren Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen (Gesetz der gleichmäßigen Energieverteilung) voraussetzen; mit sinkender Temperatur scheint eine gewisse Ordnung einzutreten. Ob dies auf unbekanntere Vorgänge beim Zusammenstoß der Moleküle oder auf unerforschte Eigenschaften des atomistischen Baues der Materie zurückzuführen ist, darüber läßt sich zurzeit nichts sagen. Wenn man andererseits die Erfolge der Quantenhypothese berücksichtigt, so kann es kaum zweifelhaft sein, daß die Planckschen Elementarquanten der Energie in irgendeiner Weise den tatsächlichen Vorgängen entsprechen, wenn auch ihre eigentliche Bedeutung der Anschaulichkeit fast gänzlich entbehrt.

Weitere Literaturangaben:

1. S. Valentiner: Grundlagen der Quantentheorie.
2. S. Valentiner: Anwendungen der Quantenhypothese. Sammlung Vieweg, Heft 15 u. 16. Braunschweig 1914.
3. Perrin: Die Atome. Steinkopff, Dresden u. Leipzig 1914.
4. Poincaré: Letzte Gedanken. Teubner, Leipzig u. Berlin 1914.
5. Kultur der Gegenwart: Physik. Teubner, Leipzig u. Berlin 1915.
6. In der Zeitschrift Die Naturwissenschaften I S. 499 (1913), M. Born: Die Theorie der Wärmestrahlung und die Quantenhypothese. I S. 549 u. 568, F. Reiche: Die Quantenhypothese. II S. 289 (1914), Seeliger: Entstehung der Spektrallinien und die Serienspektren.

¹⁴⁾ Ber. d. Deutsch. Physikal. Ges. XVI, S. 457 u. 512 (1914).

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Die Verwechslung von Wenzel und Richter

durch **Berzelius**. Von R. WINDERLICH, Oldenburg i. Gr. (Originalbericht.) H. G. Söderbaum hat in seinem Buche „Berzelius' Werden und Wachsen“ (Kahlbaums Monographien aus der Geschichte der Chemie, Heft III, S. 138) versucht darüber Aufklärung zu schaffen, wie Berzelius zur Verwechslung von Wenzel und Richter gekommen ist. Seine Ermittlung, daß diese Verwechslung durch eine Art Schreibfehler im zweiten Bande von Lärbok i Kemien (1812) entstanden ist, bedarf einer Ergänzung, denn dieser Schreibfehler oder richtiger wohl Gedächtnisfehler findet sich gedruckt schon in der Abhandlung „Über die bestimmten und einfachen Verhältnisse, nach welchen die Bestandteile der unorganischen Natur verbunden sind“, die 1811 in Schweiggers Journal erschien. Dort heißt es (2, 300): „Durch Analysen, welche in Genauigkeit alle Arbeiten seiner Nachfolger übertreffen, bewies Wenzel, daß das ungestörte Beibehalten der Neutralität, wenn zwei Neutralsalze einander zerlegen, davon herrühre, daß die Base, welche von der einen gelassen wird, genau hinreichend ist, um die andere Säure zu sättigen“. Wenzels „Lehre von der Verwandtschaft der Körper“ (1777) mußte durch die Genauigkeit der zahlreichen Analysen die nachhaltigste Aufmerksamkeit von Berzelius erregen, während Richters viel weniger genaue Messungen ihn vermutlich nicht sehr lange gefesselt haben. Richter hat den Anstoß gegeben: „Ich muß gestehen, daß ich den ersten Gedanken zu diesen Versuchen aus Richters Arbeiten über die neueren Gegenstände der Chemie schöpfte“, schrieb Berzelius am 14. August 1810 an Gehlen; aber bei Wenzel hielt sich Berzelius wohl länger auf. Überdies sind Gedanken in Wenzels Buch, die mit denen Richters in mancher Hinsicht übereinstimmen.

Wenzel hatte sich unter anderen die Aufgabe gestellt, die gewichtsmäßige Zusammensetzung der Salze zu ermitteln. Er fand, „daß in $152\frac{1}{2}$ Gran *Tartarus vitriolatus* $69\frac{1}{3}$ Gran des stärksten Vitriolsauern ist“ (S. 61), d. h. Kaliumsulfat enthält nach Wenzels Beobachtung $45,46\%$ SO_3 (nach unserer heutigen Kenntnis $45,94\%$). Unter dem „stärksten Vitriolsauren“ ist Schwefeltrioxyd zu verstehen; auf umständlichem, aber sachlich einwandfreiem Wege hat Wenzel in der von ihm benutzten Säure den Gehalt an „stärkstem Vitriolsauren“ festgestellt. Im Hinblick auf die geringe Bekanntheit unserer Zeit mit diesem ausgezeichneten Chemiker mögen noch einige weitere Mit-

teilungen über Analysen aus seinem Buche folgen. „In einer halben Unze ausgeglühten Selenit ist $96\frac{7}{8}$ Gran reine Kalkerde und $143\frac{1}{8}$ Gran des stärksten „Vitriolsauern“ (S. 68), was für wasserfreies Calciumsulfat $40,36\%$ CaO und $59,64\%$ SO_3 bedeutet statt $41,185\%$ und $58,815\%$. „In einer halben Unze recht ausgetrockneten Hornbley, sind $174\frac{6}{11}$ Gran reines Bley, und $65\frac{5}{11}$ Gran des stärksten Salzsauern“ (S. 137), d. h. Chlorblei enthält nach Wenzel $72,73\%$ Pb und $27,27\%$ Cl, die richtigen Werte sind $74,49\%$ Pb und $25,51\%$ Cl. Er stellte fest, „daß eine halbe Unze Bley, $36\frac{1}{2}$ Gran Schwefel angenommen hatte“ (S. 394), das bedeutet: Schwefelblei enthält $86,8\%$ Pb und $13,2\%$ S gegenüber den wahren Werten $86,59\%$ und $13,41\%$.

Im letzten Abschnitt seines Buches kam Wenzel zur Anwendung der Lehre von der Verwandtschaft. Er benutzte seine Zahlen zu stöchiometrischen Rechnungen: „Wieviel Zinnober muß man mit der *Luna cornua* vermischen, um dadurch die Salzsäure vom Silber völlig zu trennen? . . . In einer halben Unze *Luna cornua*, sind $180\frac{9}{10}$ Gran feines Silber“. (Das ist ein recht genauer Wert.) „Eine halbe Unze dieses feinen Silbers, nimmt $35\frac{1}{2}$ Gran Schwefel an“, (auch dieser Wert ist ein guter) „folglich findet man durch Rechnung, daß zu $180\frac{9}{10}$ Gran feines Silber, $26\frac{3}{4}$ Gran Schwefel erfordert werden. Wir wissen ferner, daß sich im Zinnober, die Menge des Schwefels zum Quecksilber verhält, wie $65:240$ “, (dieser Wert ist falsch) „oder, daß 65 Gran Schwefel mit 240 Gran Quecksilber verbunden, in 305 Gran Zinnober angetroffen werden, und daraus ergibt sich, daß $26\frac{3}{4}$ Gran Schwefel, in $125\frac{1}{2}$ Gran Zinnober befindlich sind. So viel Zinnober wäre also, in Ansehung des Schwefels zu der Zersetzung einer halben Unze *Luna cornua* hinreichend“ (S. 452). Bei der Frage: „Welches ist die leichteste und vorteilhafteste Art, christallisirten Grünspahn zu bereiten?“ (S. 457) gründet sich seine Berechnung auf „das Verhältniß der Menge des Kupfers zum stärksten Vitriolsauern, . . . das Verhältniß dieses Sauern zum Bleye, . . . das Verhältniß des Bleyes zur stärksten Säure des Weineßigs . . .“ (S. 458) usw.

Man sieht, es sind ganz ähnliche Gedanken, wie sie Richter entwickelt hat, denn die stöchiometrischen Rechnungen, die Wenzel vornahm, setzen stillschweigend voraus, „daß die Base, welche von der einen Säure gelassen wird, genau hinreichend ist, um die andere Säure zu sättigen“. WENZEL ist in der Stöchiometrie und in der Aufstellung des Neutrali-

sationsgesetzes ein Vorläufer von RICHTER, der beim Erscheinen der „Lehre von der Verwandtschaft“ erst 15 Jahre alt war. Es ist des-

halb verständlich, daß Berzelius bei seiner Arbeitslast gelegentlich die Namen beider Forscher miteinander verwechselte.

4. Unterricht und Methode.

Der Allgemeinwert des technischen Denkens. Über dieses Thema hat der neue Rektor der Technischen Hochschule zu Charlottenburg Professor Dr. Ing. M. KLOSS, bei seinem Amtsantritt am 1. Juli d. J. eine Rede¹⁾ gehalten, deren auch für unsere Fachgenossen hochbedeutsamen Gedankengang wir im Nachstehenden wiedergeben.

Der Wert technischen Schaffens ist in dem jetzigen Weltkrieg aller Welt klar geworden. Aber technisches Schaffen ist nicht möglich ohne technisches Denken. Mit diesem Wort soll eine Geistesrichtung bezeichnet werden, die sich keineswegs auf die eigentlich technischen Probleme beschränkt, und der man deshalb einen allgemeinen Wert beimessen muß.

Das technische Denken umfaßt zunächst die Theorie, das Schauen, das Beobachten. Es ist ein „anschauliches Denken“ im Gegensatz zum begrifflichen Denken, wie wir es z. B. beim Juristen finden. Es ist aufgebaut auf Beobachtung und Erfahrung, ruht somit auf der Grundlage der Wirklichkeit und wird an dieser dauernd auf Richtigkeit geprüft. Wenn wir einen Träger einer Brücke oder einen Maschinenteil nicht richtig berechnen und konstruieren, so stürzt die Brücke ein, die Maschine versagt. Das technische Denken erzieht daher zur Wahrheit, zur Gewissenhaftigkeit und zum Verantwortlichkeitsgefühl. Mit dem technischen Denken hängt eben die Anwendung, mit der Theorie die Praxis, mit dem Schauen das Schaffen nah zusammen. Zum anschaulichen Denken kommt das gestaltende Denken, mit der Erkenntnis paart sich der schöpferische Wille. Das Ziel dieses schöpferischen Willens ist wie beim Künstler das Schaffen von Werten zu Nutz und Frommen der Allgemeinheit. Das Charakteristische dieses Schaffens ist, daß es auf Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit gerichtet ist, auf Erzielung größter Wirkung mit geringstem Aufwand, sei es an Stoff, sei es an Energie. Es darf nicht verkannt werden, daß in dem Streben nach Wirtschaftlichkeit auch eine Gefahr steckt, daß nämlich das aus „heldischem“ Geiste geborene technische Denken dem händlerischen Geiste, dem bloßen Erwerbstrieb verfällt.

Für die besondere Eignung des Deutschen zu erfolgreichem technischen Denken erkennt

der Verfasser den tieferen Grund in der dem Deutschen eigenen Gründlichkeit und Planmäßigkeit und vor allem in seiner Bereitwilligkeit, sich als Glied dem großen Ganzen einzuordnen; auch hier sind die Segnungen des echten deutschen Militarismus zu spüren. Der Verfasser erinnert an die allgemeinverbindlichen Normen und Leitsätze des Verbands deutscher Elektrotechniker, denen im Auslande nichts zur Seite gestellt werden könne; so herrsche in England der „consulting engineer“, der es nicht liebe sich den normalen Konstruktions- und Herstellungsverhältnissen anzupassen. Eine der Ursachen der Überlegenheit unserer Elektrotechnik gegenüber der englischen liege in der Unterordnung und Anpassung an die einmal als zweckmäßig erkannten Normalbestimmungen.

Das technische Denken sei aber auch nicht auf die Vertreter des Ingenieurberufs beschränkt. Den Frauen sei mindestens die eine Seite, das Schauen und Beobachten, in hohem Maße zu eigen, auch die schöpferische Gestaltungskraft sei ihnen nicht fremd, leider aber fehle ihnen meistens die Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit. Das Hamstern in der Kriegszeit sei ein Beweis von unzulänglichem technischen Denken, die Aufspeicherung sei wohl in Zeiten des Überflusses, aber nicht in Zeiten des Mangels am Platze.

Ein vollkommeneres Beispiel liefere die Kriegsführung, die man insgesamt als ein technisches Problem im höheren Sinne auffassen könne. Es handle sich darum, die Kräfte und Stärkeverhältnisse beim Gegner richtig zu erkennen und einzuschätzen, die eigenen Kräfte dagegen abzuwägen und nach bestimmtem Plan einzusetzen und auszunutzen. Zum Erfolg gehört auch hier schöpferische Gestaltungskraft, bei allen Kampfhandlungen aber entscheidet Zweckmäßigkeit, und die höchste Kunst der Kriegführung bestehe in der Wirtschaftlichkeit, d. h. der Erzielung höchster Wirkungen mit Einsatz geringster Verluste. Unsere großen deutschen Heerführer seien Meister technischen Denkens. Ein Gleiches gelte von der Marine, die nur in Zusammenhänge mit politischen Zielen voll gewürdigt werden kann. Unser Gegensatz zu England schließt eine Machtfrage, also ein technisches Problem im höheren Sinne ein. Jede Staatskunst bedeutet ein Arbeiten mit Kräften, soll sie erfolgreich sein, so muß sie sich den Geist technischen Denkens zu eigen machen.

¹⁾ Erschienen im Deutschen Schriftenverlag G. m. b. H., Berlin SW. 11, Dessauer Str. 6/7.

Auch in der Staatsverwaltung ist technisches Denken vonnöten. Wie der Ingenieur die sogenannten Leerlaufverluste möglichst zu vermeiden sucht, so sollte auch im Verkehr der Behörden und im Rechnungswesen jede Verschwendung an Arbeitszeit und Papier beseitigt werden, bei Lieferungsaufträgen sollte der technische Gedanke als ökonomischer Wirkungsgrad beständig zur Geltung kommen. Eine Hauptaufgabe einer guten Verwaltung sei endlich die planmäßige und vorurteilsfreie Verwertung und Ausnutzung der aufbauenden Kräfte im Volke. In der Verwertung der in zahlreichen Vereinen sich bekundenden treibenden und aufbauenden Kräfte sei bisher noch viel versäumt worden; der Grund davon sei: Zu viel begriffliches und zu wenig technisches Denken.

Auch im Verhalten der verschiedenen Volkskreise zueinander vermißt der Verfasser noch das technische, d. h. in diesem Falle sachliche Denken, sonst könnten Schlagworte nicht immer noch auch bei uns eine so große Rolle spielen. Auch in der Politik ist die Wirklichkeit eine unerbittliche Prüferin technischen Denkens. Der Verfasser erläutert dies näher daran, wie Flottenvereine und alldeutscher Verband lange bekämpft worden sind. Nach dem Rat des Kaisers solle der Geist gegenseitigen Verstehens und Vertrauens auch im Frieden in der gemeinsamen Arbeit des ganzen Volkes fortwirken.

Endlich wendet der Verfasser auch auf die Frage der Zensur technische Betrachtungen an und vergleicht die dadurch hervorgerufene Spannung mit der Spannung des Dampfes in einem Dampfkessel. Die freie Meinungsäußerung sei ein Sicherheitsventil. Werde dieses zugesperrt, so seien die aus ernster Sorge um das Wohl des

Reiches entsprungenen vorwärts treibenden Kräfte nicht in der Lage, nutzbare Arbeit zu leisten.

Auf solche Betrachtungen gründet der Verfasser die Forderung, daß das technische Denken Allgemeingut des deutschen Volkes werden möge. „Darum, du deutsches Volk, wünsche ich dir klares Auge zum Schauen und frohen Mut zum Schaffen. Erkenne die Kräfte, die in dir selber wohnen, scheid mit klarem Blick, die aufbauenden, treibenden von den zerstörenden, aussaugenden Kräften im Innern. Erkenne, daß der einzelne nichts bedeutet und nur als ein Teil des Ganzen etwas wert ist. Und dann — zeige schöpferischen Willen! Stecke dir hohe und weite Ziele und nutze planmäßig all deine guten Kräfte aus, um diese Ziele zu erreichen und Werte zu schaffen, die dir zu Nutz und Frommen dienen. Vergiß aber dabei nicht die Wirtschaftlichkeit! Halte die Verluste innerer Reibungsarbeit so klein als möglich, damit deine Leistungen so groß als möglich werden! Hüte dich darum vor allen denen, die den Klassenkampf predigen! Verschenke und verschleudere deine Volkskraft nicht an fremde Völker durch planlose Auswanderung, sondern vermehre und stärke sie durch großzügige Ansiedelung zum Schutze deiner friedlichen Arbeit über die Grenzen unseres jetzigen Reiches hinaus, stärke vor allem die künftigen Geschlechter für die ihrer wartenden großen Aufgaben, indem du deinen heimkehrenden Kriegern gesunde Heimstätten auf eigner Scholle bereitest. Verzettele deine Kraft nicht in unfruchtbarer Schwärmerei eines verwaschenen Weltbürgertums, sondern hilf deiner guten deutschen Sache, deutschem Geist und deutschem Wesen zum Siege!“

5. Technik und mechanische Praxis.

Der Gang von Taschenuhren. Originalbericht von Dr. Karl Gey in Leipzig.

Seit Jahrzehnten ist in Verbindung mit dem Zeitdienst an der Leipziger Universitätssternwarte eine Uhrenprüfungsstelle eingerichtet, bei der gute Präzisionstaschenuhren — meist Glashütter Fabrikate — auf Antrag des Besitzers einer genauen täglichen Vergleichung mit den Zeithaltern der Sternwarte unterzogen werden. Die Beobachtung dauert rund vier Wochen und umfaßt eine Woche „Liegen“, d. h. Zifferblatt oben, eine Woche „Hängen“, d. h. Bügel oben und zwei getrennte Wochen „künstliches Tragen“ (früher wirkliches „Tragen“, nachts „Liegen“), d. h. 12 Stunden Liegen bei Zimmertemperatur abwechselnd mit 12 Stunden Hängen bei hoher Temperatur. Das Ergebnis der Vergleichung wird in einem sogenannten Gangregister aufge-

zeichnet, das der Einsender der Uhr, falls diese den Anforderungen der Prüfungsstelle genügt, in Abschrift erhält. Zum besseren Verständnis der weiteren Ausführungen seien unter Weglassung der übrigen hier nicht in Frage kommenden Angaben die Aufzeichnungen eines wirklichen Gangregisters für eine Woche wiedergegeben:

Uhrkorrektur	Gang	Variation
— 0 ^m 4,7 ^s		
— 0 2,2	+ 2,5 ^s	— 0,1 ^s
+ 0 0,2	+ 2,4	— 0,2
+ 0 2,4	+ 2,2	— 0,1
+ 0 4,5	+ 2,1	0,0
+ 0 6,6	+ 2,1	— 0,1
+ 0 8,6	+ 2,0	

Die erste Spalte in vorstehender Tabelle enthält die Uhrkorrektur, d. h. die Korrektur, die man an die Angabe der Uhr anzubringen

hat, um die richtige Zeit zu erhalten. Diese ist positiv oder negativ, je nachdem die Uhr gegen die richtige Zeit zurück oder voraus ist. In den beiden folgenden Spalten stehen der „Gang“, d. h. die Änderung der Uhrkorrektur, und die „Variation“, d. h. die Änderung des Ganges. Außerdem wird dann noch auf jedem Gangregister — für die vier Lagen getrennt berechnet — der „mittlere Gang“, d. h. das arithmetische Mittel der Gänge einer Lage, und die „mittlere Variation“, d. h. das numerische Mittel der Variationen einer Lage, sowie die größte vorkommende Differenz zwischen den mittleren Gängen und die größte überhaupt vorgekommene Variation verzeichnet.

Für das Bestehen der Prüfung sind bestimmte Toleranzen, Grenzwerte, festgesetzt, die nicht überschritten werden dürfen. Sie betragen:

- 4 Sekunden für die Differenzen zwischen den mittleren täglichen Gängen der einzelnen Lagen.
- 4 Sekunden für die Variation, gleichgültig, ob zum Lagenwechsel gehörig oder nicht.
- 2 Sekunden für die Variation innerhalb einer einzelnen Lage.

Vergleicht man diese Bedingungen mit den von anderen Prüfungsstellen, beispielsweise der Hamburger Seewarte gestellten, so erkennt man, daß sie nicht gerade mild zu nennen sind, und der Umstand, daß nur eine verschwindend kleine Anzahl der eingesandten Uhren ihnen nicht genügt, zeugt von der hervorragenden Güte und Zuverlässigkeit der Glashütter Fabrikate, die hier fast ausnahmslos in Frage kommen.

Im Laufe der Jahre hat sich nun auf diese Weise im Archive der Leipziger Sternwarte ein recht umfangreiches und zuverlässiges Beobachtungsmaterial angesammelt, das nach den Methoden der Kollektivmaßlehre, von H. Bruns bearbeitet, interessante Schlüsse über den Gang der Taschenuhren zuließ. Die hierher gehörigen Untersuchungen sind in einer Reihe von Leipziger Dissertationen niedergelegt.

Aus der Entstehungsweise der im Gangregister angegebenen Zahlen erkennt man, daß für die Beurteilung der Güte einer Uhr die als Gänge und Variationen bezeichneten Zahlen maßgebend sind. Bei einer idealen Uhr müßten die Variationen den Wert Null besitzen, während die Gänge gleich irgendeiner Konstanten sein könnten. Da indessen ständig gangstörende Ursachen vorhanden sind, die einesteils in äußeren Einflüssen, andernteils in den bei aller Präzision dem Uhrmechanismus anhaftenden Mängeln zu suchen sind, so nehmen im allgemeinen die Gänge und Variationen mit der Zeit und der Güte der Uhr sich ändernde Beträge an.

Bei der Bearbeitung des Beobachtungsmaterials hat sich nun gezeigt, daß, wie zu erwarten stand, eine Beziehung zwischen dem Luftdruck und dem täglichen Gang der Uhr besteht. Bezeichnen wir die Differenz der täglichen Luftdruckmittel, also die mittlere Luftdruckvariation mit Δ_b , dann wird jedes Δ_b im Gange der Uhr eine Variation Δ_v verursachen, die durch eine Gleichung von der Form

$$\Delta_v = c \Delta_b$$

bestimmt wird, wobei c eine als Barometerkoeffizient zu bezeichnende Konstante ist. Würde man in dieser Gleichung für Δ_v eine tatsächlich vorgekommene Variation und für Δ_b die dazu gehörige Luftdruckänderung einsetzen, so würde sich ein Wert für c ergeben, der im einzelnen Falle mehr als willkürlich und unzutreffend zu gelten hätte, da ja in der beobachteten Variation außer der Wirkung der Luftdruckschwankung noch eine Reihe anderer recht erheblicher Störungen des Uhrganges zum Ausdruck gebracht werden. Nur die Zusammenfassung einer hinreichend großen Zahl von Beobachtungsgleichungen ließ die Ermittlung eines einigermaßen zuverlässigen und brauchbaren Wertes für c erhoffen. Es hat sich dabei gezeigt, daß der Barometerkoeffizient für Taschenuhren von dem für Pendeluhr anzusetzenden Betrag

$$c = 0,015 \text{ sec}$$

unerheblich entfernt ist.

Weiterhin ergab eine Untersuchung der Variationen, daß unter diesen und damit auch unter den Gängen eine bestimmte Abhängigkeit besteht, in der Weise, daß jeder vorangehende Gang die folgenden beeinflusst. Dieser Umstand ist für die Beurteilung der Zuverlässigkeit der Uhrangaben von großer Wichtigkeit, denn er bringt zum Ausdruck, daß gelegentlich auftretende Gangsprünge sich auch für die folgende Zeit noch im Gange der Uhr bemerkbar machen müssen.

Die Art der Nachwirkung nun, mit der der vorangehende Gang x den folgenden Gang y beeinflusst, läßt sich durch die Gleichung

$$y = nx + z$$

zum Ausdruck bringen, in der n eine näher zu bestimmende Konstante, der Nachwirkungskoeffizient, und z eine von x unabhängige, von Zufälligkeiten und unregelmäßigen Einflüssen herrührende Größe ist. Der Gang y seinerseits wird nun wieder nach dem gleichen Gesetze den folgenden Gang beeinflussen, so daß, wenn g_1, g_2, \dots, g_6 die einzelnen Gänge einer Woche sind, folgendes Gleichungssystem Geltung hat:

$$g_1 = g_1$$

$$g_2 = ng_1 + z_1$$

$$g_3 = ng_2 + z_2 = n^2g_1 + nz_1 + z_2$$

usw.,

wobei die mit $z_1, z_2 \dots$ bezeichneten Größen die unregelmäßigen, sich der Rechnung entziehenden Bestandteile sind.

Eine mit den Beobachtungsdaten von mehr als 500 besten Glashütter Uhren aus den Fabriken A. Lange & Söhne und F. Aßmann angestellte Untersuchung hat die Geltung des oben dargestellten Gesetzes für den Gang dieser Uhren dargelegt und zu einer Bestimmung des Nachwirkungskoeffizienten n geführt. Dabei wurde im Durchschnitt für n der Wert 0,63 ermittelt, für die Größen z der durchschnittliche Wert 0,35 sec und für die Größe g_1 der Mittelwert 0,56 sec. Da, wie ersichtlich, n ein echter Bruch ist, folgt, daß der Einfluß des ursprünglichen Ganges auf die folgenden mehr und mehr geringer wird, also allmählich abklingt, während andererseits die von Zufälligkeiten herrührenden Einflüsse ständig wachsen und schließlich den von der regelmäßigen Nachwirkung herrührenden Bestandteil im Gange überwiegen.

Die Rechnung ergibt, daß der aus der regulären Nachwirkung eines Ganges herrührende Betrag am dritten Tage noch den irregulären Bestandteil überwiegt, während von da ab der letztere mehr und mehr das Übergewicht erhält. Daraus ergibt sich, daß man sich auf den Gang einer Präzisionsuhr etwa drei Tage lang verlassen kann, sich aber dann tunlichst durch die Vergleichung mit einem genauen Zeithalter über den Stand der Uhr neu zu unterrichten hat. Bei größerem Werte von n wäre naturgemäß auch die Zuverlässigkeit der Uhr, die Stabilität ihres Ganges eine größere. Das angeführte Gesetz der konstanten Nachwirkung würde es ermöglichen, den künftigen Gang der Uhr aus einem vorhergehenden für längere Zeit mit einiger Zuverlässigkeit vorauszuberechnen. Inwieweit eine Vergrößerung des Nachwirkungskoeffizienten überhaupt möglich ist, ist eine Frage, die die Uhrentechnik insbesondere der Regleur zu lösen hat.

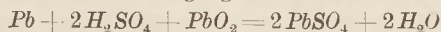
Der leichte Akkumulator. In der E. T. Z. 1916, Heft 25, behandelt L. STRASSER das Gewicht der verschiedenen Akkumulatoren im Verhältnis zu ihrer Leistung und vergleicht es mit dem Gewicht anderer Kraftspeicher und Kraftquellen. Bei dem Bleiakkumulator ändert sich bekanntlich die Kapazität in Amperestunden sehr stark mit der Entladezeit, also mit der Stärke des Entladestromes, und in geringerem Grade ist auch die mittlere Entladespannung davon abhängig. Ein Bleiakkumulator vermag, falls er in 10 Stunden entladen wird, ungefähr die doppelte Zahl von Kilowattstunden zu liefern als bei einer vollen Entladung in einer Stunde.

U. XXIX.

Will man daher die Gesamtarbeit, die ein Akkumulator zu liefern vermag, mit derjenigen anderer Kraftquellen vergleichen, so muß man eine willkürliche mittlere Entladungszeit annehmen; den folgenden Berechnungen ist eine fünfständige Entladungsdauer zugrunde gelegt. Zunächst sei eine ortsfeste Zelle, beispielsweise die Type I 100 der Akk.-Fabrik A.-G. mit 3000 Ah (Amperestunden), in Betracht gezogen. Ihr Gewicht ohne Säure beträgt 507 kg, dazu kommen 1771 Schwefelsäure vom spezif. Gewicht 1,18 = 210 kg, so daß das vollständige Element 717 kg wiegt; unter Hinzufügung des Gewichtes von Holzgestell, Isolatoren usw. kommt man auf ~ 750 kg. Da die Kapazität 3000 Ah, die mittlere Entladespannung $\sim 1,9$ Volt beträgt, so ist die Leistung 5700 Wh. Es sind demnach für 1 kWh 750 kg : 5,7 = 130 kg Elementgewicht nötig.

Beim transportablen Akkumulator sucht man das Gewicht hauptsächlich durch Benutzung kräftiger Hartgummikästen zu verkleinern, das Gewicht beträgt pro kWh immer noch 85 bis 100 kg, bei leichten Typen für Omnibusse, Feuerwehrfahrzeuge usw. kommt man bis zu 50 kg/kWh. Für Automobile verwendet man dünnwandige Hartgummigefäße, die Platten bestehen aus möglichst dünnen, nur wenige Millimeter dicken Hartbleigittern, die mit der üblichen Masse gefüllt sind; der Plattenabstand ist möglichst gering gehalten, dafür nimmt man die Schwefelsäure konzentrierter als bei ortsfesten Zellen, in geladenem Zustand zu etwa 1,25. Die für Berliner Autodroschken gebrauchten Elemente wiegen einschließlich Säure und Verbindungen ~ 16 kg bei einer Leistung von 250 Ah; die mittlere Entladespannung ist wegen der höheren Säuredichte auf ~ 2 Volt anzunehmen, daher die Leistung 500 Wh. Das Gewicht pro Kilowattstunde beträgt demnach ~ 32 kg, d. h. etwa ein Viertel so viel wie bei ortsfesten Akkumulatoren.

Aus theoretischen Gründen ergibt sich, daß man diesen Mindestwert nicht mehr erheblich herunterdrücken kann. Aus der Gleichung für den chemischen Vorgang



und aus den elektrochemischen Äquivalentgewichten ergibt sich, daß für 1 Ah erforderlich sind 3,58 g Blei, 4,46 g Bleisuperoxyd und 3,66 g Schwefelsäure. Addiert man diese Gewichtsmengen und nimmt als mittlere Entladespannung 2 Volt an, so würden theoretisch für 2 Wh nur ~ 12 g reagierende Stoffe, für 1 kWh demnach nur ~ 6 kg erforderlich sein. Tatsächlich aber verlangt der Akkumulator eine viel größere Menge. Damit nämlich die Masse genügende Festigkeit behält, muß sie so dicht

sein, daß die Schwefelsäure in sie nur langsam eindringen kann, auch wird bei der Entladung nur an der Oberfläche die Verwandlung in Bleisulfat vor sich gehen können, endlich ist das entstehende Bleisulfat ein Nichtleiter, es müssen daher überschüssige Mengen an Blei und Bleisuperoxyd zurückbleiben, die die Leitung vermitteln. Aus diesen Gründen ist etwa die dreifache Menge von Blei und Bleisuperoxyd erforderlich. Ferner darf bei der Schwefelsäure aus theoretischen Gründen die Konzentration nicht über 35% hinausgehen, das Gewicht wäre daher zu verdreifachen; da aber das gebildete reine Wasser ein Nichtleiter ist, so muß man noch einen Überschuß von Schwefelsäure zusetzen, insgesamt also mindestens das vierfache Gewicht an verdünnter Säure verwenden. Man kommt dadurch statt der 12 g auf ~ 39 g für 2 Wh, oder auf etwa 20 kg/kWh. Rechnet man hierzu noch 6 kg als das Mindestgewicht der zugehörigen Gitter, Gefäße usw., so erhält man 26 kg/kWh als äußerste Grenze des Bleiakкумуляtors.

Neue Erfindungen, die ein noch weiteres Herabrücken des Gewichtes ermöglichten, sind seit Faure, der die Plantéplatten durch sog. Masseplatten ersetzte, also seit etwa 30 Jahren, nicht aufgetreten. Der zuweilen vorgeschlagene Ersatz von Blei durch Aluminium ist aus chemischen Gründen ausgeschlossen, selbst als Gitter oder Träger für die positive Masse ist Aluminium nicht verwendbar, denn in Verbindung mit PbO_2 wird Aluminium durch anodische Lösung in Schwefelsäure sofort aufgelöst; als Träger der negativen Masse wäre es zur Not brauchbar, doch wird das negative Gitter bei den leichten Akkumulatoren ohnehin schon aus so dünnen Bleiplatten hergestellt, daß die Ersparnis kaum ins Gewicht fällt. Denkbar wäre ferner, die Gitter beider Plattenarten aus Aluminium herzustellen und zu verbleien; eine dünne Verbleiung ist aber so porös, daß sie das Aluminium nicht genügend schützt, eine stärkere vermehrt wieder das Gewicht so sehr, daß kein Vorteil vor Gittern aus reinem Blei übrig bleibt. Auch die Versuche, andere Metalle als Träger oder Gitter zu verwenden, sind gescheitert, da alle diese Stoffe, namentlich unter Mitwirkung der anodischen Polarisation, gegen Schwefelsäure zu empfindlich sind.

Ebenso erfolglos war das Bemühen, die Menge der aktiven Masse, von der $\frac{2}{3}$ nur als Leitungsmaterial des Stromes nutzbar werden, durch Zusätze von spezifisch leichteren und gut leitenden Stoffen zu vermindern; die Versuche scheiterten an der Löslichkeit der Stoffe in Schwefelsäure oder, wenn edler als Blei, an der

geringen Haftintensität des Wasserstoffes und demgemäß beschleunigter Selbstentladung. Eine Vermehrung der Oberfläche durch Steigerung der Porosität ist ausgeschlossen, weil damit auch die Festigkeit der Masse erheblich abnimmt. Es bestehen zwar Patente für sehr poröse und doch haltbare Platten, sie haben sich aber praktisch nicht bewährt. Einer der letzten Versuche zur Herstellung äußerst feinporigen Bleis für Großoberflächenplatten besteht in dem Verfahren, daß Antimonblei bis knapp zum Schmelzpunkt der eutektischen Legierung aus den beiden Stoffen erhitzt und diese Legierung dann durch Schleudern oder Druckluft entfernt wird, so daß ein sehr feines Gerippe aus reinem oder schwach antimonhaltigem Blei zurückbleibt. Platten aus solchem Material sind für manche Zwecke ganz brauchbar, versagen aber bei Akkumulatoren, da sie bei gleichem Gewicht geringere Kapazität geben als eine normale Großoberflächenplatte.

Auch der Weg einer Änderung des Elektrolyten hat sich als ungangbar erwiesen. Man ist zwar in ganz leichten Elektromobilelementen durch Säure vom spezifischen Gewicht 1,30 bis 25 kg/kWh gekommen, aber die hohe Säuredichte verkürzt die Lebensdauer der Platten und bewirkt stärkere Selbstentladung. Nur als theoretische Grenze dürfte man das Gewicht 20 kg/kWh bezeichnen, das durch Verwendung aller erwähnten Mittel zugleich äußerstenfalls zu erreichen wäre.

Von anderen Typen verdient noch der Bleizinkakkumulatore Erwähnung, ein Mittelding zwischen Sekundär- und Primärelement, indem die positive, aus Bleisuperoxyd bestehende Platte nach der Erschöpfung in üblicher Weise aufgeladen werden kann, während die negative, bei der Entladung aufgelöste Zinkplatte durch eine neue ersetzt werden muß. Diese Halbakkumulatoren sind ziemlich leicht und können bis 20 kg/kWh gebracht werden, ihre Entladungsspannung ist etwas höher als die der Bleiakkumulatoren; an praktische Einführung ist wegen des hohen Preises und der umständlichen Wartung nicht zu denken.

Mehr Erfolg hat der alkalische Akkumulatore in der ihm von Edison gegebenen Ausbildung erlangt. Das Gefäß besteht aus dünnem Stahlblech, die Platten aus fein gelochten Taschen oder Röhren, ebenfalls aus Stahlblech, die an der positiven Elektrode mit Nickeloxyd, an der negativen mit fein verteiltem Eisen gefüllt sind. Als Elektrolyt dient 21%ige Kalilauge. Dieses Element wiegt ~ 28 bis 33 kg/kWh, ist also nicht wesentlich leichter als der Droschkenakkumulatore aus Blei; seine Vorteile sind größere Lebensdauer und geringere Sorgfalt bei der Be-

handlung, seine Nachteile höherer Preis, größerer Raumbedarf und schlechterer Wirkungsgrad. Die Möglichkeiten hinsichtlich weiterer Verminderung des Gewichtes sind jedoch wesentlich günstiger als beim Bleiakкумуляtor. Die Entladegleichung ist folgende:



In geringerem Maße findet noch bei fortgesetzter Ladung eine Oxydation von $Ni(OH)_3$ zu $Ni(OH)_4$ statt, und andererseits bei tiefer Entladung eine Verwandlung von $Fe(OH)_2$ in $Fe_3(OH)_8$ und schließlich in $Fe(OH)_3$. Bei mehrstündigem Stehen im entladenen Zustand nimmt $Fe(OH)_2$ noch ein Molekül Wasser auf, geht also in $Fe(OH)_2 + H_2O$ über. Nach der Hauptgleichung wäre der Elektrolyt vollkommen unveränderlich, da der chemische Vorgang nur in einer Hin- und Herschiebung von (OH) -gruppen besteht. Nur die erwähnten Nebenvorgänge bedingen Bindung oder Freiwerden von Wasser und damit geringe Konzentrationsänderungen. Der Elektrolyt ist im übrigen an den chemischen Vorgängen unbeteiligt und bleibt in seiner Menge völlig unverändert; es ist daher praktisch von ihm nur soviel erforderlich, um dauernd den Stromweg zwischen den Elektroden zu bilden. Nach der Hauptgleichung sind für 1 Ah theoretisch ~ 1 g Eisen und 4 g $Ni(OH)_3$ erforderlich. Da die mittlere Entladespannung 1,2 Volt beträgt, so sind für 1 kWh an arbeitenden Stoffen ~ 4 kg nötig, gegenüber 6 kg beim Bleiakкумуляtor. Bisher ist in den praktisch benutzten Zellen das Eisen noch in großem Überschuß vorhanden, es ist denkbar, durch Verbesserung diese Menge stark herabzudrücken, das Gewicht der Stahlblechrahmen und -taschen beträchtlich herabzumindern, den Plattenabstand und damit die Menge der Kalilauge zu verringern, und auf diese Weise die praktisch erreichbare Leistung zu verdoppeln, so daß ein Minimalgewicht von 14 kg/kWh bei genügend langer Lebensdauer erreichbar erscheint.

Zum Schluß vergleicht der Verfasser die Leistungen der Akkumulatoren mit denen anderer Kraftspeicher. Bei einem Staubecken oder einem Wasserturm wären bei 10 m Fallhöhe mindestens 36000 kg Wasser nötig, um 1 kWh zu leisten, das dafür erforderliche Gewicht wäre also

~ 300 mal so groß wie bei dem stationären Bleiakкумуляtor. — Ganz anders liegt die Sache bei hochkomprimierter Luft. Obwohl die Behälter sehr kräftig und aus bestem Baustoff hergestellt sein müssen, so beträgt das Gewicht bei Füllung mit Luft von 100 bis 200 Atm. nur 6 bis 10 kg für die Kilowattstunde. — Bei Verwendung von Kohle ist das theoretische Gewicht nur 2 kg/kWh, doch kommt das Gewicht des verdampfenden Wassers, des Dampfkessels und der Feuerungsanlage noch hinzu, so daß bei Dampflokomotiven 1 kWh bei einstündiger Arbeit ~ 35 kg, bei fünfständiger nur 20 kg Gesamtgewicht erfordert. —

Noch günstiger liegt die Sache bei den Explosionsmotoren; das Benzin z. B. wiegt nur 0,25 kg/kWh und mit Hinzurechnung des Behälters 0,5 kg. Da auch der Motor extra leicht gebaut ist, so ist es für den Akkumulator ausgeschlossen, daß er im Flugzeug oder Luftschiff das Benzin verdrängt.

Bei anderen Fahrzeugen jedoch kann der Akkumulator den Wettbewerb mit dem Benzinmotor aufnehmen. So wiegt der sog. schwere Lastwagen bei einer Tragkraft von 5 t bei beiden Betriebsarten dasselbe, nämlich 24 t, wobei der Akkumulatorwagen eine Fahrlänge von 80 km hat. Bei den Eisenbahntriebwagen kommen auf den Platz 480 kg, bei den Benzolmotortriebwagen 588 kg. Für den Betrieb langer Schnellzuglinien ist der Akkumulator heute schon verwendbar. So könnte z. B. der D-Zug Berlin—Hannover, der 263 km in $3\frac{1}{2}$ Stunden ohne Unterbrechung durchfährt, durch eine Akkumulatoredoppelokomotive mit je zwei dreiachsigen Drehgestellen befördert werden. Hierbei würde das Gesamtgewicht der Lokomotive 190 t betragen, während die jetzt benutzten Dampflokomotiven einschließlich Tender 127 t wiegen. Hierbei ist die Leistung des Akkumulators zu 40 kg/kWh angesetzt, wofür sowohl der leichte Elektromotormotor als auch der alkalische geeignet sind. Wenn aber der Akkumulator die oben als möglich bezeichnete Leistungsgrenze von 14 kg/kWh erreicht haben wird, ist er an Leichtigkeit selbst für längere Strecken der Dampfkraft überlegen und wäre dann wohl imstande, ihr erfolgreiche Konkurrenz zu machen.

P.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Kriegspädagogik. Berichte und Vorschläge. In Verbindung mit Dr. W. von Hauff, Georg C. Kik, Dr. O. Nothdurft herausgegeben von Professor Dr. Walter Janell. Leipzig, 1916, Akad.-Gesellschaft m. b. H. 416 S.

Das Buch bietet eine nach Fächern geordnete Übersicht über die bis Mitte 1916 erschienene Kriegsliteratur, soweit sie sich mit dem Einfluß des Krieges auf Unterricht und Erziehung und auf damit verbundene Reformvorschläge erstreckt. Die

uns besonders interessierenden Kapitel über Physik (S. 205—235), Chemie, Geologie, Biologie und Hygiene (S. 157—204) sind von O. Nothdurft verfaßt. Es ist dankenswert, daß der Verfasser für diese Fächer ausführliche Hinweise auf die Literatur, stellenweise mit Einzelanführungen aus den angegebenen Schriften und Aufsätzen gegeben hat und dadurch zu deren gründlicheren Studium anregt. Im einzelnen mag erwähnt sein, daß die Warnung vor der mathematischen Wurfparabel doch übertrieben ist, die Kurve weicht in ihrem anfänglichen Lauf so wenig von der ballistischen Kurve ab, daß der Feldartillerist davon mit Nutzen hat Gebrauch machen können. Weinreichs interessanter Aufsatz über Baustatik und Festigkeitslehre und Timerdings Auftrieb von Schiffen (beide in Z. m. n. U. 1915) werden mit Anerkennung genannt und verdienen auch hier besondere Erwähnung. Manche Einzelvorschläge, die der Verfasser aus eigener Praxis vorführt, sind der Beachtung wert. In Physik wie in Chemie spricht er sich gegen die Vielwisserei und für eine sorgfältige Sichtung des Stoffes aus. Er wünscht die anorganische Chemie zugunsten der organischen eingeschränkt zu sehen, und weist zur Zeit den Sprengstoffen einen größern Raum zu, ohne zu verkennen, daß man damit in Friedenszeiten werde wieder zurückgehen können. Für dieses Gebiet kommen namentlich einige wertvolle Aufsätze in den Kriegsheften der Monatshefte f. d. naturw. U. in Betracht. Besonders lebhaft tritt der Verfasser für eine ausreichende Pflege der Biologie auf der Oberstufe ein. Seine Vorschläge knüpft er hauptsächlich an die Aufsätze v. Hansteins an. Der Schülerübungen gedenkt er mehrfach auch hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Erziehung zu vaterländischer Gesinnung.

Neben dem Unterricht in den einzelnen Fächern werden auch allgemeine Fragen, wie die militärischen Übungen, die Schulzucht, Berechtigungen und Prüfungen, Schule und Haus, Schule und Universität, Schulaufsicht behandelt. Ein Anhang bringt Kriegspädagogisches aus der Schweiz und dem feindlichen Ausland, hier fehlt es nicht an ergötzlichen Dokumenten nationaler Voreingenommenheit neben vereinzelt Zeugnissen besonnener Abwägung, die uns zum Nachdenken Anlaß geben können. P.

Lehrbuch der Physik zum Gebrauche beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium. Von E. Grimsehl. Dritte verb. und verm. Auflage. In zwei Bänden. I. Band: Mechanik, Akustik und Optik. Mit 1063 Fig. im Text und 2 farbigen

Tafeln. XII und 966 S. II. Band: Magnetismus und Elektrizität, durchgesehen und ergänzt von J. Classen, H. Geitel, W. Hillers und W. Koch. Mit einem Bildnis E. Grimsehl als Titelbild und 517 Figuren im Text. X und 542 S. Verlag von B. G. Teubner. Bd. I M. 11.—, geb. M. 12.—, Bd. II M. 7.—, geb. M. 8.—.

Der erste Band dieser neuen Auflage ist noch vor Beginn des Weltkrieges vom Verfasser selbst fertig gestellt worden und bereits 1914 erschienen. Er legt ein neues Zeugnis ab von der erstaunlichen Arbeitskraft Grimsehl und von seinem unermüdlichen Bestreben, dieses sein Hauptwerk zu vervollkommen. Ganze Abschnitte sind völlig umgearbeitet worden, so in der Wärmelehre alles mit den beiden Hauptsätzen Zusammenhängende, in der Optik die Interferenz- und Beugungserscheinungen sowie die Lehre von der Abbildung durch zentrierte sphärische Flächen. Ein Abschnitt über Kraftübertragung ist von der übrigen Mechanik ganz getrennt und als eine Art technischer Physik ganz neu gestaltet worden. Im einzelnen haben die Lehre von Ebbe und Flut und das Flugproblem ganz neue Bearbeitungen erfahren.

Im zweiten Band, der erst in diesem Sommer ausgegeben wurde, haben pietätvolle Hände zusammengewirkt, aber gemäß der ausgesprochenen Absicht des Verfassers nur wenig verändert; H. Geitel hat den Abschnitt über Luftelektrizität überarbeitet, H. Classen den Abschnitt über die historische Entwicklung der Elektrizitätslehre durchgesehen und durch eine Schlußbetrachtung ergänzt, sowie einige neue Tabellen hinzugefügt; W. Hillers endlich sind namentlich die Neudarstellungen in den Abschnitten über Röntgenstrahlen, Radioaktivität und Funkentelegraphie zu verdanken. Auch eine ganze Anzahl kleiner Veränderungen hat dazu beigetragen, das ausgezeichnete Werk auf der Höhe der Zeit zu erhalten. P.

Konstruktion, Bau und Betrieb von Funkeninduktoren und deren Anwendung, mit besonderer Berücksichtigung der Röntgenstrahlentechnik. Von Ernst Ruhmer. 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage. I. Teil: Funkeninduktoren, 1913. VIII und 232 Seiten, 328 Abb. M. 6,50, geb. 7,50. II. Teil, Röntgenstrahlentechnik, 1914. IV und 224 Seiten, 223 Abb. M. 6,— geb. M. 7,—. Nikolasee bei Berlin, Administration der Fachzeitschrift „Der Mechaniker“.

Das Buch ist gegen die erste Auflage stark erweitert. Band 1 enthält nach einer allgemeinen Einleitung über elektrische Induktionsströme und einem Abriß der Theorie der Funkeninduk-

toren eine sehr eingehende Beschreibung zahlreicher Formen von physiologischen Induktoren, kleinen und großen Funkeninduktoren, Unterbrechern, Stromquellen, Meßinstrumenten und anderen Hilfsapparaten.

Band 2 behandelt die Röntgentechnik. Einer allgemeinen Einleitung über Kathoden- und Röntgenstrahlen folgt die Beschreibung zahlreicher Röntgenröhren, der Vorrichtungen zur Unterdrückung der Schließungsströme, der Meßeinrichtungen, der Blendenvorrichtungen, der Beobachtung mit dem Fluoreszenzschirm, der photographischen Aufnahme und einiger besonderer Anwendungen der Strahlen. Den Schluß bildet eine Zusammenstellung aller deutschen Patente über die im Buch behandelten Dinge bis 1913.

Über die Bedürfnisse des Unterrichts geht das Buch weit hinaus, dem Fachmann wird es als Nachschlagebuch gewiß manchen guten Dienst tun. W. Vn.

Naturkundliches Unterrichtswerk, Dannmeyer-Ulmer-Lindemann. Physik für höhere Mädchenschulen usw. von Dannmeyer. In drei Heften für Kl. III, II, I. Quelle & Meyer, Leipzig.

• Das Werk erscheint äußerlich als Analogon des „Schmeil“ und teilt auch dessen Vorzüge: Die Darstellung ist flüssig und leicht verständlich, knüpft stets an allgemein Bekanntes an und vermeidet Schwierigkeiten vielfach mit anerkennenswertem Geschick. Ein besonderer Vorzug des Buches sind die sehr zahlreichen und durchweg guten, allerdings meist schematischen Figuren, ferner verdient hervorgehoben zu werden, daß die Anwendungen in der Technik und im täglichen Leben sehr vielseitig berücksichtigt sind. Zur Vertiefung des Gebotenen ist jedem Paragraphen eine große Zahl von „Anwendungen“ und „Übungen“ hinzugefügt, wobei auch die Selbsttätigkeit der Schülerinnen vielfach angeregt wird. Alles in allem also ein Werk, woran der Kritiker seine Freude haben könnte, wenn diese leider nicht zu sehr beeinträchtigt würde durch die viel zu große Zahl von Stellen, die sachlich nicht einwandfrei oder ganz direkt falsch sind. Statt sehr vieler nur ein paar Beispiele aus dem III. Teil: Beim Daniell-element (S. 13) heißt es: „Der Wasserstoff H wird vom Kupfervitriol chemisch zu H_2O gebunden“. Als Beispiel für Salzelektrolysen wird u. a. Elektrolyse von $AgNO_3$ zwischen Cu-Elektroden angegeben (S. 22), was gar nicht so ausführbar ist, weil Ag von Cu bekanntlich schon ohne Strom ausgefällt wird. Das Radium sendet (S. 61) „Kanalstrahlen“ aus. Als Grundsatz

des Archimedes wird (S. 79) die Gleichung: Eigengewicht = Gewicht durch Gewichtsverlust (bzw. Volumen) bezeichnet. (Die Behandlung des Auftriebs ist sonst originell.) Das Sekundenpendel ist (S. 89) 981 mm (statt $g/\pi^2 = 99,4$ cm) lang. Alle nicht nach dem Trägheitsgesetz erfolgenden Bewegungen werden (S. 90) als „zwangsläufig“ bezeichnet, so auch (S. 100) die Planetenbewegung. Im Gravitationsgesetz fehlt (S. 102) der Proportionalitätsfaktor u. a. m. Bedenklicher als solche lapsus calami sind gewisse zugleich methodisch wie sachlich zu beanstandende Stellen: Die Ionentheorie wird (S. 13) einfach zur „Erklärung“ des galvanischen Elements aufoktroiert und dabei gesagt: „Ist die Lösung (H_2SO_4) von keinem Strom durchflossen, so halten die positiven Ionen die negativ geladenen in der Säure nach dem elektrischen Grundgesetz gleichsam fest und bilden das Molekül der Schwefelsäure (!). Geht aber der Strom hindurch, so wandern usw.“ — Um das Kraft-Masse-Beschleunigungsgesetz herzuleiten, werden Versuche mit einem „Laufwagen“ auf horizontaler Bahn angestellt, der durch einen schräg von oben kommenden „Stoßwagen“ angestoßen wird. Dabei wird dann als Maß der „Beschleunigung“ einfach die Strecke gesetzt, die der Laufwagen zurücklegt, (offenbar doch, bis die Reibung ihn stillt!) als Maß der „Stoßkraft“ die Belastung des Stoßwagens. — U. a. m.

Was nützt nun alle pädagogische „Fixigkeit“, wenn die „Richtigkeit“ nicht da ist? Muß es denn immer noch ausdrücklich betont werden, daß Klarheit und Korrektheit der Begriffe und Gedankenverknüpfungen der leichten Verständlichkeit nicht nur nicht im Wege stehen, sondern diese doch letztlich immer viel mehr fördern, als alle dem unklaren Denken des Schülers gemachten Konzessionen? Oder sollte gar jemand glauben, bei Mädchen käme es darauf so genau nicht an? Bk.

Chemisch-mineralogischer Kursus. Leitfaden der Chemie und Mineralogie für höhere Lehranstalten. Methodisch bearbeitet von Otto OHMANN, Prof. am Dorotheenstädt. Realgymnasium in Berlin. 6. Aufl. Mit 157 Figuren und 1 Spektraltafel. Berlin, Winkelmann & Söhne, 1916. VIII und 210 S. In Leinwand geb. M. 2,20.

Die Eigenart dieses Leitfadens besteht bekanntlich darin, daß er von der unmittelbaren Anschauung an unorganischen Naturkörpern ausgeht und durch folgerichtige Gedankengänge, in denen gut gewählte Versuche zur Bestätigung oder Widerlegung der Schlüsse dienen, in den chemischen Lehrstoff einführt und ihn

mit dem der Mineralogie und Geologie wahrhaft verknüpft. Nähere Angaben hierüber sind überflüssig, da die sämtlichen früheren Auflagen in dieser Zeitschrift — die fünfte in Band XXIV, S. 124, 1911 — besprochen und gewürdigt worden sind. Nur darauf sei hingewiesen, daß das Buch bei jeder Umarbeitung vervollkommenet worden ist. In der zweiten bis fünften Auflage geschah dies besonders durch die Durchdringung des Lehrstoffs mit den experimentell begründeten neueren Anschauungen über die Lösungen und die Ionen, sowie durch Einfügung eines reichen Versuchsmaterials, das für Schülerübungen in den Sekunden der Vollanstalten oder in der obersten Klasse von Realschulen geeignet und empfehlenswert ist. Auch die neueste Auflage, obgleich sie von der vorigen nicht wesentlich abweicht, bringt mancherlei Verbesserungen in der Darstellung wie in den Abbildungen sowie

vor allem wertvolle Zusätze über Forschungsergebnisse, die, wie die Darstellung von Salpetersäure aus der Luft oder die Habersche Ammoniaksynthese, durch den Weltkrieg auch für die höhere Schule in den Vordergrund des Interesses gerückt worden sind. Möge der Leitfaden, der als das Ergebnis der unablässigen und von allen Fachgenossen hochgeschätzten Bestrebungen des Verfassers zur Verbesserung des Unterrichtsverfahrens in methodischer und experimenteller Hinsicht zu betrachten ist, immer mehr die ihm vor allen ähnlichen Veröffentlichungen gebührende Verbreitung finden, und möge durch die vorauszusehende Umgestaltung unserer höheren Schulen nach Friedensschluß auch das humanistische Gymnasium die notwendige Zeit gewinnen, um den chemisch-mineralogischen Lehrstoff in dem Maße, wie er hier zusammengestellt ist, wahrhaft bewältigen zu können. *J. Schiff.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Ein Widerstandssatz für vielseitige Verwendung eines Galvanometers

von Dr. H. Cassebaum. D. R. G. M.

Angefertigt von den Physikalischen Werkstätten der „Erforschung des Erdinnern“, G. m. b. H. in Göttingen.

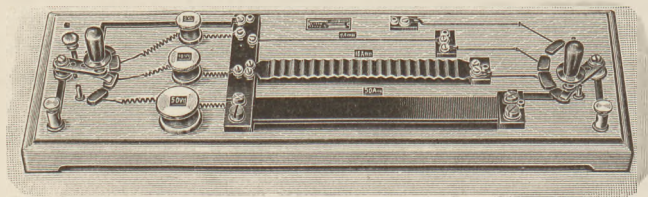
Wohl jede Schulsammlung besitzt ein Demonstrationsgalvanometer, von geeigneter Empfindlichkeit, das sich mit passenden Vorschalt- bzw. Nebenschlußwiderständen auch als Spannung- bzw. Strommesser benutzen läßt. Oft sind bei derartigen Instrumenten die Widerstände für je ein Meßbereich auf dem Sockel angebracht, während sie für weitere Meßbereiche als Zusatzeinrichtungen gesondert bezogen werden können. Hierbei ist aber der Übergang von einem zum andern Meßbereich umständlich und zeitraubend, da mehrere Drahtverbindungen gelöst und neu hergestellt werden müssen. Oder aber

von den Physikalischen Werkstätten der „Erforschung des Erdinnern G. m. b. H.“ in Göttingen gebaute Widerstandssatz:

Von den beiden Zuleitungsklemmen führen Verbindungen zu den Kurbeln zweier vierteiliger Umschalter. Beim linken Schalter sind alle Kontakte mit der Mittelschiene des Apparates verbunden, und zwar der erste direkt, die drei andern durch Vorschaltwiderstände für die Meßbereiche 5, 25 und 250 (oder 125) Volt. Die Kontakte des rechten Umschalters stehen mit 4 Klötzen in Verbindung, die Löcher für die Zuleitungsstöpsel des Meßinstruments besitzen. Zwischen die 3 letzten und die Mittelschiene sind Nebenschlußwiderstände für die Meßbereiche 1, 10 und 25 Ampere geschaltet, während der erste keine Verbindung mit der Mittelschiene besitzt. Auch in der Schiene befindet sich ein Stöpselloch.

Soll das Instrument als Galvanometer benutzt werden, so stecken seine beiden Zuleitungsstöpsel

in der Mittelschiene und dem obersten Loch rechts und beide Umschalter stehen auf den obersten Kontakten, so daß der gesamte Strom durch das Instrument geht. Der Übergang zu den verschiedenen Meßbereichen als Spannungsmesser geschieht durch Drehung



— wenn dies durch Schalter vermieden ist — ist der Apparat wegen der unübersichtlichen Verbindungen usw. zur Demonstration nicht geeignet.

Beide Vorteile, einfache Handhabung und Übersichtlichkeit, zu vereinigen bemüht sich der

des linken Schalters, während der rechte in Ruhe bleibt, hierdurch werden die betr. Widerstände vor das Instrument geschaltet. Der oberste Kontakt links kann durch einen vorgesteckten Stift gesperrt werden, um bei der Benutzung als Spannungsmesser eine Überanspruchung des Instru-

menten durch versehentlichen Übergang zum Vorschaltwiderstand „Null“ zu vermeiden.

Bei der Benutzung als Strommesser bleibt umgekehrt der linke Schalter auf dem obersten Kontakt stehen und der rechte wird auf den Kontakt des betr. Meßbereiches gestellt und gleichzeitig der rechte Stöpsel in das zugehörige Loch gesteckt, so daß das Instrument parallel zu dem betr. Nebenschlußwiderstand liegt.

Der ganze Apparat ist für Übersichtlichkeit auf größere Entfernung berechnet: Alle Verbindungen sind offen verlegt, die wachsenden Werte der Meßbereiche durch die verschiedene Größe der Vorschaltspulen auf der Spannungsmesserseite und die

Nebenschlüsse auf der Strommesserseite weithin erkenntlich. — Die Firma liefert den durch D.R.G.M. geschützten Widerstandssatz mit geeignetem Drehspulgalvanometer, paßt ihn aber auch an jedes eingesandte Instrument an, wobei etwa schon vorhandene abgeglichene Widerstände mit verwendet werden können. Die Größe und Zahl der Meßbereiche kann natürlich auch beliebig anders gewählt werden.

Der Preis beträgt mit drei Vorschalt- und drei Nebenschlußwiderständen nach Wahl bis 500 Volt und 50 Ampere einschließlich der Anpassung des einzusendenden Galvanometers M. 75, mit Universalgalvanometer M. 120 (während des Krieges unverbindlich).

Korrespondenz.

Der Heldentod Ernst Grimsehl. Die dritte Auflage von Grimsehl's Lehrbuch der Physik bringt im Vorwort von W. Hillers zum zweiten Band bisher noch unbekannt gebliebene Mitteilungen über seinen Tod, denen wir auch hier eine Stelle geben wollen. „Er fiel am 30. Oktober 1914 bei Langemark. Nach Monaten erst wurden seine sterblichen Überreste geborgen. Nicht früher als bei dieser Gelegenheit wurden auch die näheren Umstände seines Todes geklärt. Sie muten uns an, wie eine Erzählung aus der Heldensage der reckenhaften heimischen Vorzeit. Durch einen Granatsplitter war Grimsehl bei einem Sturm auf die feindliche Stellung eine Hand zerschmettert worden. Er verlor das Bewußtsein. Als tot wurde er von seiner vorgehenden Kompagnie verlassen. Ein Unteroffizier hat darüber berichtet, und Grimsehl galt zunächst als an dieser Verwundung gestorben. Bald aber ist er offenbar wieder erwacht und hat sich verbinden lassen. Trotz seiner Verwundung und Schwäche hat er dann eine Schar um sich gesammelt, die er zu neuem Sturm vorwärts führte. Sie alle fand man später im Tode vereint. Die Leute deckten ihren Führer; seine eine Hand trug den Wundverband. Mit der unbeschädigten Hand aber umklammerte seine Leiche nach Monaten noch eine feindliche Fahne. So wurde später vom Regiment gemeldet. Im März 1915 wurde dann sein entseelter Leib unter eindrucksvollen Trauerfeierlichkeiten in Hamburg beigesetzt.“

Die genauere Widerlegung des E. v. Lippmann'schen Einwandes (vgl. den Bericht „Zur Geschichte des Quecksilbers“, diese Zeitschr. 28, 215) gibt J. SCHIFF im „Archiv f. d. Gesch. der Naturw. u. d. Technik“, Bd. 7, S. 310/12.

Die Veranstaltungen der Kgl. Zentralstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu Berlin im Winter 1916/17.

A. Übungen u. Untersuchungen für Lehrer u. Lehrerinnen an den Schulen Großberlins (in der Regel 1 oder 2 Std. wöchentlich).

1. Prof. Dr. Lampe, Die wichtigsten Hilfs- und Lehrmittel für den erdkundlichen Unterricht.
2. Dir. Prof. H. Fischer, Technik des erdkundlichen Ausflugs.
3. Rektor Seidel, Die Karpathen.
4. Prof. Dr. Schönichen, Die Lehrmittel für den naturgeschichtlichen Unterricht.
5. Dr. Ulbrich, Ergänzungen zu den pflanzenkundlichen Ausflügen im Sommer.
6. Prof. Dr. Böttger, Übungen in der Mineralogie.

7. Prof. Ohmann, Übungen zur Verhütung von Unfällen im chemischen und physikalischen Unterricht.

8. Mechaniker Hintze, Übungen in der mechanischen Werkstatt.

B. Besondere Übungen und Vorlesungen für Lehrer und Lehrerinnen an den höheren Schulen Großberlins.

9. Oberlehrer Urbahn, Erdkundliche Übungen.
10. Dir. Prof. Dr. Röseler, Übungen in der Kunst des Wandtafelzeichnens für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht.
11. Prof. Dr. Kolkwitz, Übungen aus dem Gebiet der Physiologie und Mikroskopie der Pflanzen.
12. Dir. Prof. Dr. Röseler und Oberlehrer Lamprecht, Übungen zur Lehre von den Haut- und Skelettbildungen im Tierreich.
13. Dr. Volkmann und Dr. C. Fischer, Physikalische Schülerversuche.
14. Prof. H. Hahn, und Dr. C. Fischer, Physikalische Schulversuche.
15. G. R. Prof. Dr. Schmidt (Potsdam), Erdmagnetismus.

16. Prof. Dr. Böttger mit Prof. Schwarz und Oberlehrer Dr. Franz, Chemische und elektrochemische Schulversuche.

17. Prof. Ohmann, Die wichtigsten Lehrverfahren und andere Grundfragen des chemischen und mineralogisch-geologischen Unterrichts.

18. R. Schmehlik, Übungen in der wissenschaftlichen Lichtbildkunst.

Himmelserscheinungen im Dezember 1916 und Januar 1917.

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

		Dezember						Januar						
		2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26	31
☿	AR	16 ^h 53 ^m	17.27	18. 1	18.36	19.10	19.42	20. 9	20.27	20.30	20.15	19.48	19.29	19.24
	D	-24 ^o	-25	-26	-25	-25	-23	-22	-19	-18	-17	-18	-18	-19
♀	AR	14 ^h 16 ^m	14.39	15. 4	15.28	15.54	16.19	16.45	17.12	17.39	18. 6	18.33	19. 0	19.27
	D	-12 ^o	-14	-15	-17	-19	-20	-21	-22	-23	-23	-23	-23	-22
☉	AR	16 ^h 34 ^m	16.55	17.17	17.39	18. 2	18.24	18.46	19. 8	19.30	19.51	20.13	20.33	20.54
	D	-21 ^o 58'	-22.37	-23. 5	-23.22	-23.27	-23.20	-23. 2	-22.32	-21.51	-21. 0	-19.53	-18.47	-17.28
♂	AR	18 ^h 3 ^m	18.19	18.36	18.53	19.10	19.26	19.43	20. 0	20.16	20.32	20.49	21. 5	21.20
	D	-24 ^o	-24	-24	-24	-24	-23	-22	-22	-21	-20	-19	-18	-17
♃	AR		1.37		1.36		1.36	1.37		1.39		1.42		1.47
	D		+ 9		+ 9		+ 9	+ 9		+ 9.		+ 9		+ 10
♄	AR	8 ^h 10 ^m						8. 2						
	D	+20 ^o						+21						
☾	Aufg.	7 ^h 51 ^m	7.58	8. 4	8. 8	8.11	8.13	8.14	8.12	8.10	8. 6	8. 0	7.54	7.47
	Unterg.	15 ^h 47 ^m	15.45	15.44	15.44	15.46	15.49	15.54	16. 0	16. 7	16.14	16.23	16.32	16.41
☾	Aufg.	12 ^h 28 ^m	14. 3	18.33	—	5.38	9.58	11.22	14.11	19.51	0.34	6.41	8.55	10.39
	Unterg.	—	5.55	10.11	11.31	13.13	19.32	1. 9	6.58	9.13	10.21	13.54	21.26	2.48
Sternzeit im mittl. Mittag		16 ^h 43 ^m 52 ^s	17. 3.34	17.23.17	17.43. 0	18. 2.43	18.22.26	18.42. 7	19. 1.51	19.21.32	19.41.15	20. 0.58	20.20.41	20.40.23
Zeitgl.		10 ^m 32 ^s	- 8.30	- 6.15	- 3.51	- 1.22	+ 1. 8	+ 3.38	+ 5.51	+ 7.57	+ 9.48	+11.23	+12.39	+13.34

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Wintersolstitium am 22. Dezember, 5 Uhr.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Dez. 24, 21 ^h 31 ^m	Dez. 2, 2 ^h 55 ^m	Dez. 9, 13 ^h 44 ^m	Dez. 17, 19 ^h 6 ^m
	Jan. 23, 8 ^h 40 ^m	Dez. 31, 13 ^h 7 ^m	Jan. 8, 8 ^h 42 ^m	Jan. 16, 12 ^h 42 ^m
		Jan. 30, 2 ^h 2 ^m		

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	in den letzten Tagen abends für kurze Zeit im SW. sichtbar	morgens 2 ¹ / ₂ bis 1 ¹ / ₂ Stunden lang im SO. sichtbar	unsichtbar	abends und nachts 10 bis 8 ³ / ₄ Stunden lang sichtbar	zuletzt schon fast die ganze Nacht hindurch sichtbar
im Januar	bis zum 12. noch abends sichtbar, am Ende des Monats wieder morgens für kurze Zeit im SO. sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer als Morgenstern sinkt bis auf 1 ¹ / ₂ Stunde	unsichtbar	abends zuletzt noch 6 Stunden lang sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar; Opposition am 17.

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Dez. 6, 23 ^h 39 ^m 5	I. Austritt.	Dez. 22, 21 ^h 59 ^m 8	I. Austritt.	Jan. 16, 16 ^h 45 ^m 0	I. Austritt.
„ 8, 18 ^h 8 ^m 3	I. „	„ 22, 23 ^h 12 ^m 9	III. „	„ 19, 16 ^h 7 ^m 4	II. Eintritt.
„ 11, 16 ^h 16 ^m 4	II. „	„ 29, 23 ^h 55 ^m 5	I. „	„ 19, 18 ^h 40 ^m 0	II. Austritt.
„ 15, 17 ^h 27 ^m 3	III. Eintritt.	„ 31, 18 ^h 24 ^m 5	I. „	„ 23, 18 ^h 40 ^m 6	I. „
„ 15, 19 ^h 11 ^m 4	III. Austritt.	Jan. 1, 21 ^h 33 ^m 9	II. Eintritt.	„ 26, 18 ^h 45 ^m 0	II. Eintritt.
„ 15, 20 ^h 4 ^m 0	I. „	„ 7, 20 ^h 20 ^m 3	I. Austritt.	„ 26, 21 ^h 17 ^m 6	II. Austritt.
„ 18, 18 ^h 53 ^m 0	II. „	„ 12, 16 ^h 2 ^m 6	II. „	„ 27, 17 ^h 41 ^m 0	III. Eintritt.
„ 22, 21 ^h 29 ^m 3	III. Eintritt.	„ 14, 22 ^h 16 ^m 0	I. „	„ 27, 19 ^h 22 ^m 2	III. Austritt.

Eine zum Teil in Deutschland **sichtbare, totale Mondfinsternis** findet am Morgen des 8. Januar statt. Die Finsternis beginnt um 6 Uhr 50,4 Min., die Totalität um 8 Uhr 0,4 Min., also kurz vor Sonnenaufgang, so daß das Ende der Finsternis erst bei Tage, nach dem Monduntergang stattfindet.

Eine in Deutschland gleichfalls **sichtbare, partielle Sonnenfinsternis** ereignet sich am Morgen des 23. Januar. Die Sonne geht in Deutschland etwa zur Hälfte verfinstert auf und wird je nach der Lage des Beobachtungsortes einige Minuten vor oder nach 9 Uhr M. E. Z. wieder völlig frei. *F. Koerber.*