

Rolle und Flaschenzug

Von

Prof. Dr. F. Renleaux in Berlin

Etwas verspätet erhalte ich Kenntnis von Herrn E. GRIMSEHLS Besprechung von Rolle und Flaschenzug im 3. Heft des vorigen Jahrgangs und möchte mir erlauben, einige Bemerkungen dazu vorzutragen. Der Herr Verfasser erhebt lebhaften Einspruch gegen das in Schulbüchern der Physik übliche Verfahren, die „Rolle“ als besondere Anwendung des gleicharmigen Hebels zu behandeln, und knüpft daran weitgehende andere Erläuterungen. Sicherlich ist es zu begrüßen, daß damit versucht wird, Klarheit in Grundbegriffe zu bringen, die dem Schüler ins Leben mitgegeben werden und aus dessen Vorstellungen kaum je völlig verschwinden, häufig aber darin herrschend bleiben. Die übliche alte Darlegung sollte in der Tat verlassen werden. Aber sie sitzt noch sehr fest im Verein mit einem ganzen Anhang dumpfer Überlieferung, die fortwährend weitergetragen wird und von dem Dunkel ihrer Herkunftszeit noch lange nicht befreit ist. Wenn Herr GRIMSEHL es für unangebracht erklärt, das Gleichgewicht der Kräfte an der Rolle aus dem Hebelgesetz abzuleiten, so kann man ihm recht geben und auch ebenso bestimmt nicht recht. Denn einesteils wird bei der hergebrachten Erklärung, wie der Aufsatz zutreffend hervorhebt, das geleitete Seil unerklärt gelassen, andererseits aber sind die Rolle und das, was man Hebel nennt, tatsächlich genau den gleichen Bedingungen des Kräftegleichgewichts unterworfen.

Ein „Hebelgesetz“ gibt es aber gar nicht. Was man mit einer kaum glaublichen Sicherheit so nennt, dürfte nur, um gewisse Begriffe auf ein einziges Wort zusammenzuziehen, gelegentlich gebraucht und dann höchstens „Hebelsatz“ genannt werden. Der Satz vom Hebel ist nämlich nur ein Ausdruck für die durchs Kräfteparallelogramm dargestellten Beziehungen dreier Kräfte, die in einer Ebene an einem Körper im Gleichgewicht stehen. Nicht um ein Jota umsonst haben die Besten im vorigen Jahrhundert dem Kräfteparallelogramm ihre Aufmerksamkeit in Beweisversuchen gewidmet; denn auf ihm beruhen ungezählte Anwendungen der praktischen Mechanik, weshalb für den Unterricht, auch den allerelementarsten, auf sein Verständnis besonderer Wert zu legen ist.

Fig. 1 stelle ein Kräfteparallelogramm in bekannter Weise dar. Dann haben wir folgendes:

1. die beiden Dreiecke, in die jedes beliebige Parallelogramm durch eine Diagonale geteilt wird, sind gleich; ihre Flächeninhalte werden gemessen durch die Produkte aus Grundlinie und Höhe: $AB \cdot A'D = BC \cdot C'D$.

2. im Kräfteparallelogramm stellen die benachbarten Seiten AB und BC geometrisch die Kräfte dar, in welche die Kraft, die durch die Diagonale BD dargestellt wird, zerlegbar ist; AB und BC heißen die Seitenkräfte, BD die Mittelkraft,

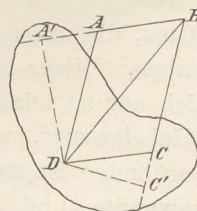


Fig. 1.

3. die Produkte aus den Seitenkräften und den auf sie gefällten Loten aus einem Punkt D der Richtungslinie der Mittelkraft heißen in der Mechanik die statischen Momente zu einer, durch D gehenden, zur Ebene der Kräfte rechtwinkligen Achse; sie sind nach (1) gleich gross: $AB \cdot A'D = BC \cdot C'D$. (Das gilt auch, wenn Winkel $ABC = \text{Null}$ ist, d. h. AB und BC parallel sind.)

Daß man ein körperliches Gebilde, welches wie angegeben belastet ist, einen Hebel nennt, ist geschichtlich so geworden und ist vom Hebebaum, Hebestab ausgegangen. Die soeben gezogene Schlußfolgerung gilt aber auch von beliebig geformten festen Gebilden. Bei der von einem Seil überspannten Rolle, Fig. 2, sind wegen des Zugelementes Seil die Seitenkräfte AB und BC gleich, wenn die Reibung verschwindend klein oder Null ist, daher denn auch die Lote oder Momentenarme dann gleich groß sind. Ist die Reibung aber nicht Null, so sind die Kräfte trotz ihrer Überleitung durch das Seil ungleich, um den Reibungsbetrag verschieden.

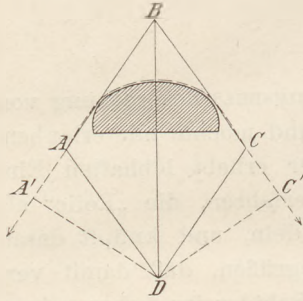


Fig. 2.

Wir sehen also, daß das sogenannte Hebel-„Gesetz“ auch bei Seil und Rolle zutrifft, freilich in anderer Weise, als die, noch nicht als veraltet erkannten, ganz wertlosen Ausdrücke vom ein- oder zweiarmligen Hebel, vom Hebel 1., 2., 3. Art, vom Wurfhebel u. dergl. besagen. Gerade das ist es, im Grunde genommen, gegen was die Grimsehsche Einwendung angeht, obwohl sie selbst noch ein „Hebelgesetz“ im logischen Troß mit sich führt.

Betrachtet man nun dieses vermeintliche „Gesetz“, wie es in den getadelten Schulbüchern vorgeführt wird, etwas näher, so muß man staunen über die Unschärfe der dem Schüler beigebrachten Vorstellungen. Da wird z. B., wie Fig. 3 andeutet, als „Hebel“ ein winkelförmiges Stück, von dem man unausgesprochene völlige Starrheit voraussetzt, bei D auf einer Schneide — manche sagen feierlich „Hypomochlion“ — ruhend dargestellt. Jede kleine Änderung in den Kraftwerten würde also das Gebilde zum Abrutschen bringen, leichter noch würde dies

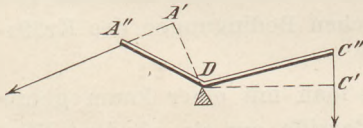


Fig. 3.

die geringste Schiefheit der Kräfte gegen das Papier tun. Und gar eine Umkehrung der Krafrichtungen, die doch für die Unterweisung ungemein wichtig ist, trieb den ganzen „Hebel“ in die Lüfte. Die Stützungsstelle bei D wird bis in hohe Hörsäle hinauf „Stützpunkt“ statt „Achse“ genannt. Alles ist so unscharf bestimmt, so naiv dargestellt, wie es aus den Händen der Alten überliefert ist, bei denen wir die am Gesehenen, Erblickten noch haftende Form wohl begreifen, obwohl nicht billigen, nämlich derselben Alten, die uns doch in der Geometrie Dinge von so musterhafter Schärfe hinterlassen haben. Dieser Mangel an Bestimmtheit ist das heute Tadelnswerte; an ihn schließen sich nur zu leicht andere Scheinwahrheiten an, wie die von dem in Rede stehenden „Hebelgesetz“, von der „Erfindung des Hebels“ durch Archimedes, der bei seiner berühmten Entstapelung gar keine Hebeebäume, sondern ordentliche Wurmradwinden anwandte, und anderes Verkehrte und Verflachende mehr. Was man heute in der Mechanik — ich spreche nicht von Maschinenbau — unter dem Satz vom Hebel zu verstehen hat, ist das Gleichgewicht von Kräften an einem Körper, der einzig und allein Achsendrehungen gegen andere Körper machen kann. Man erzielt diesen „Zwanglauf“, wie ich es seinerzeit zu nennen vorgeschlagen habe, dadurch, daß man

ihm, dem Körper, Drehform gibt und ihn in kongruent gestaltetem Hohlkörper, der ihn weit genug umfaßt, lagert. Gegen diesen seinen Lagerkörper beschreibt er dann reine Achsendrehungen und nichts anderes, so auch umgekehrt. In der Kinematik oder Zwanglauflehre nennt man das so entstandene Körperpaar nach meinem Vorschlag ein Elementenpaar, insbesondere hier Drehkörperpaar, auch Zylinderpaar, manchmal noch weniger förmlich Zapfen und Lager. Auf einen so in seiner Beweglichkeit beschränkten Körper ist beim „Hebelsatz“ das Kräfteparallelogramm in einer zur Drehachse rechtwinkligen Ebene angewandt. Das ist der wahre Inhalt des Satzes.

Sieht man die elementaren Schulbücher durch, so muß man sich abermals wundern über die Schwerfälligkeit, mit der nun aus dem „Hebelgesetz“, das gar nicht besteht, eine Lehre von den statischen Momenten förmlich mystisch herausgearbeitet wird, eine Lehre, die ja nun nichts ist, als wiederum ein dunkler und verdunkelnder Ausdruck für die Kräftewirkung am Drehkörperpaar.

Dieselbe Überfülle von Unklarheit ist bei der sog. Schiefebene zu finden, dargestellt — sehen wir von der unrichtigen Einzahl ab — als ein Körper mit flacher Sohle, der eine geneigte Ebene hinabgleiten würde, zöge ihn nicht eine angebrachte Kraft nach oben, entgegen der Schwerkraft. Das Ganze ist wiederum ein altes Inventarstück, unbestimmt nach allen Richtungen. Eine Ebene heißt mundgeläufig das Gebilde, ist aber z. B. bei den Eisenbahnen im Unterteil aus zwei rundlichen Wulsten, im Oberteil aus festverbundenen Drehkörpern, den gebremsten Radreifen, gebildet, die entweder rutschen, oder nicht; von „Ebenen“ keine Spur. Was man meint, wenn alle Unbestimmtheit herausgeschafft wird, ist das Gleichgewicht beliebiger Kräfte am „Prismenpaar“, d. i. an einem Paar von starren kinematischen Elementen, die einander prismatisch mit Voll- und Hohlform so umschließen, daß gegenseitige Bewegung nur parallel den Prismenkanten möglich ist.

Das gegenseitige Umschließen starrer Elemente bei fortgesetzter einziger Beweglichkeit ist nur bei drei Körperformen möglich, der Drehform, der Prismenform und der Schraubenform. Deshalb gibt es außer den beiden genannten „Umschlußpaaren“ nur noch das eine dritte, das „Schraubenpaar“, bestehend nach dem üblichen Sprachgebrauch aus Schraube und (Schrauben-)Mutter. Auch dieses Elementenpaar hat die ältere, namentlich die mittelalterliche Mechanik behandelt und zwar mit weit geringeren Unklarheiten, obwohl auch hier die Eierschalen der Schwerkraft-richtung noch hangen geblieben sind.

Hier tritt uns der Gedanke nahe, ob nicht die alten Mechaniker mit den „einfachen Maschinen“ die Elementenpaare herauszuheben gesucht hätten, da wir die drei Umschlußpaare, die man in der Kinematik die niederen Paare nennt, aus dem Gegebenen herauschälen konnten. Indessen trifft die Vermutung nicht zu, indem auch zwangläufige Verbindungen von verschiedenen Elementenpaaren, in der Zwanglauflehre kinematische Ketten genannt, früh neben den erwähnten Paaren behandelt worden sind.

Betrachten wir aber nun nochmals die Rolle mit dem Seil, die in der Grimsehl'schen Untersuchung so eingehend behandelt worden sind. In dem Seil haben wir einen von den starren Elementen stark verschiedenen Körper vor uns, nämlich einen solchen, der wesentlich nur gegen Zug widerstandsfähig ist. Solcher Körper wendet die praktische Mechanik noch manche andere an, so die Kette, das Band, den Riemen, das Tuch, den Draht, den Faden, die Faser; die Kinematik faßt sie nach meinem Vorschlag als „Tracke“ zusammen (Einzahl: das Track), auch Zugelemente,

Zugorgane kann man sie nennen. Es zeigt sich nun, daß in einer ganzen Menge von Anwendungen die Rolle als Leitungskörper, als ein Leiter des Trackes dient und daß ein Leiter für den mittelst Tracks auszuübenden Zwanglauf unentbehrlich ist.

Die aus starrem Stoff gebildete „Rolle“ kann die Formen Fig. 4 *a* und *b* erhalten. Im ersteren Falle bedarf es immer solcher Kräfte an dem Track, welche Rolle und Seil stets in Berührung erhalten; das Paar erzielt den Zwanglauf bloß,



Fig. 4.

wie man sich ausdrückt, bei „Kraftschluß“. Bei der Rollenform unter *b* dagegen ist stets „Paarschluß“ vorhanden, das Seil muß stets der Leitrinne nachgehen. Vielfach wird, um die Reibung zwischen Seil und Rolle zu vermeiden, die Rolle in Form einer runden ausgekehlten

Scheibe, die sich um einen Drehzapfen dreht, ausgeführt. Das ist die Stelle, an der das Rollenproblem nach dem gar nicht bestehenden „Hebelgesetz“ behandelt, mit dem „zweiarmigen Hebel“ bearbeitet worden ist, wogegen der GRIMSEHLSche Einspruch so nachdrücklich gerichtet ist. Herr GRIMSEHL glaubt dabei, zuerst gezeigt zu haben, daß die scheibenförmige Rolle durch die sattelförmige Stütze unter *a* Fig. 4 ersetzt werden könne. Schon im I. Bande meiner Kinematik¹⁾, vollständig erschienen 1875, habe ich darauf ausführlich hingewiesen, einschließlich des vielrolligen Flaschenzuges, auch erwähnt, daß die Anatomen die bänderleitende sattelförmige Stütze eine Rolle nennen. Eingehender habe ich die Frage behandelt im II. Bande des gedachten Werkes²⁾, ähnlich in gedrängter Form in meinem Konstrukteur³⁾ 4. Auflage (1889) und in der 7. Auflage von WEISBACHS *Ingenieur* (1896), in welcher Schrift ich auch auf die Hinfalligkeit des „Hebelgesetzes“ hingewiesen habe. Der Flaschenzug, von der „losen Rolle“ an, zeigt schon, daß die alte Mechanik bei den Elementenpaaren nicht stehen geblieben ist, sondern zu mehrgliedrigen Mechanismen überging, dabei auch zur kinematischen „Treibung“ schritt, während wir hier bis jetzt nur „Leitung“ vor uns hatten. Vollständiges darüber gibt Kinematik II, S. 326 ff.

Weiter in das große Gebiet der Zwanglauflehre, die überall erhellend und vereinfachend wirkt, zu gehen, ist hier nicht der Ort und ist auch nicht der Zweck dieser Zeilen. Bemerken will ich nur noch, daß bei den „einfachen Maschinen“, von denen die getadelten Schulbücher noch immer sagen, daß aus ihnen alle Maschinen zusammengesetzt seien, daß sie also die Elemente aller Maschinen vorstellten, nichts von jenen Gegenständen der Zugelemente, den Druckelementen, nämlich den Flüssigkeiten, tropfbaren wie gasförmigen, vorkommt. Und doch durchdringen deren Anwendungen in großartiger, überwältigender Menge das ganze ungeheure Maschinenwesen. Die sog. einfachen Maschinen sind eben wissenschaftlicher „Urväter-Hausrat“; sie entsprechen Auffassungen, die längst hinter uns liegen, und sind jetzt die Quelle von zahlreichen falschen, namentlich unklaren und verdunkelnden Vorstellungen. Das hat denn die Einsprüche im 3. Heft des letzten Jahrgangs dieser Zeitschrift auch hervorgerufen. Daß die Kinematik, von der in sonderbarem Vorurteil recht viele glauben, sie stelle die Dinge kraus und verwickelt dar, genau das Gegenteil tut, wird der geneigte Leser aus dem Vorgetragenen entnommen haben.

¹⁾ Theoretische Kinematik, Braunschweig, Fried. Vieweg & Sohn, 1875.

²⁾ Die prakt. Beziehungen der Kinematik zu Geometrie und Mechanik, ebenda 1900.

³⁾ Dasselbst S. 692, wo auch Schnalle, Paketverschnürung, Schnürungen an Kleidern und Schuhen, sowie auch die gewöhnliche Naht besprochen sind.

Über ein Blättchenelektrometer und die Ausführung elektrostatistischer Versuche.

Von

Dr. E. Grimsehl in Hamburg.

Die Versuche mit dem Blättchenelektrometer gehören mit zu denjenigen Versuchen, vor denen der Experimentator eine gewisse Scheu hat, weil er vor Überraschungen mancherlei Art zu wenig sicher ist. Erst seitdem man die Wichtigkeit der Ableitung des Elektrometergehäuses zur Erde sicher erkannt hat und daher jedes brauchbare Elektrometer mit einer zur Erde ableitbaren Hülle versieht, haben die unliebsamen Überraschungen etwas abgenommen. Einen ganz bedeutenden Fortschritt in der Elektrometerkonstruktion gegenüber früheren weist das Kolbesche Blattelektroskop auf, weshalb auch dieses mit Recht einen so erfolgreichen Einzug in die physikalischen Schulsammlungen gehalten hat. Trotzdem habe ich bei den Arbeiten mit dem Kolbeschen Elektrometer mancherlei Übelstände empfunden, die mich zu der Konstruktion eines Elektrometers führten, das zwar mancherlei Ähnlichkeit mit dem Kolbeschen Elektrometer zeigt, aber im einzelnen doch wesentlich von diesem abweicht. Fig. 1 und 2 sind zwei in Konstruktionszeichnung ausgeführte Seitenansichten des Apparats. Fig. 3 zeigt eine nach Photographie hergestellte perspektivische Ansicht desselben.

Beschreibung des Elektrometers.

Das Elektrometer besteht aus einem $5 \times 7 \times 16$ cm großen Messinggehäuse, das auf drei Füßen ruht, von denen der eine als Fußschraube ausgebildet ist. Die breiteren Seitenflächen des Gehäuses sind in einer Höhe von 9 cm aus Spiegelglasplatten hergestellt, die oben und unten durch eine Messingführung festgehalten werden. Sie werden von der einen Seite eingeschoben und dann in ihrer Lage durch je einen kleinen Messingvorreiber vor dem Herausfallen geschützt. Der obere Deckel des Gehäuses ist durchbohrt, und an die Durchbohrung ist ein Messingrohr von 25 mm Weite und 15 mm Länge angelötet. Dieses Messingrohr dient zur Aufnahme eines Ebonitpfropfens *E*, durch den der das Aluminiumblättchen tragende Stab *S* hindurchgeführt ist. Der Ebonitpfropfen ist 15 mm nach der einen schmalen Seite des Gehäuses zu von der Mitte des oberen Deckels verschoben. Der Pfropfen ist aus einem später anzugebenden Grunde der Länge nach gespalten. Eine an der einen Hälfte angebrachte kleine Nase *N* bewirkt, daß der Pfropfen nach dem Einsetzen in seine Fassung sich nicht drehen kann. Der durch den Pfropfen gehende Stab *S* besteht aus einem 5 mm dicken und 35 mm langen Messingrohr, in dessen Bohrung eine Reihe von später zu beschreibenden Aufsätzen hineingesteckt werden können. An dem oberen Ende des Stabes sind zwei kleine seitliche Ansätze angebracht, die die willkürliche Drehung des in den Pfropfen eingesetzten Stabes verhindern, indem sie in zwei kleine Ausfräsungen des Ebonitpfropfens beim Einsetzen in den Pfropfen eingreifen. Der Stab *S* schneidet mit seinem oberen Ende genau mit der oberen Fläche des Ebonitpfropfens ab. In das untere Ende des Stabes ist ein 90 mm langes, 6 mm breites dünnes Aluminiumblech *A* (Fig. 1) mit seinem oberen zylindrisch gestalteten Ende eingeschraubt. Der aus dem Stabe *S* noch herausragende zylindrische Teil ist an der einen Seite eben angefeilt und dient zum Ankleben des 90 mm langen, 2–3 mm breiten Streifens dünnster Aluminiumfolie *F*.

Auf den Boden des Gehäuses ist in einer passenden Messingfassung ein kreisförmig ausgeschnittenes Glimmerblättchen *G* aufgeschraubt, auf welches eine von 0 bis 30° gehende Kreisteilung angebracht ist. Der Krümmungsmittelpunkt des Kreisbogens fällt mit dem Anheftungspunkte der Aluminiumfolie zusammen, und der Nullpunkt der Teilung liegt unmittelbar unter dem unteren Ende des Aluminiumbleches *A*, sodaß also der Ausschlag der Aluminiumfolie an der Gradeinteilung ohne Parallaxe direkt abzulesen ist oder auch bei Projektion mit der Folie gleichzeitig scharf eingestellt wird.

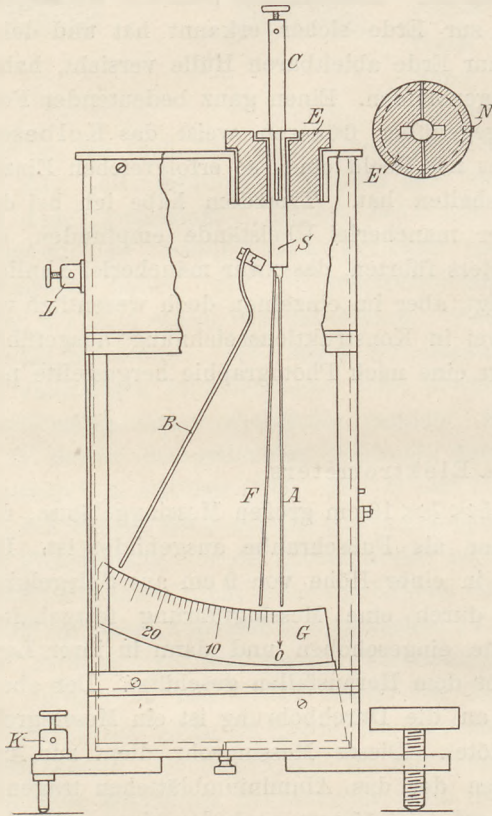


Fig. 1.

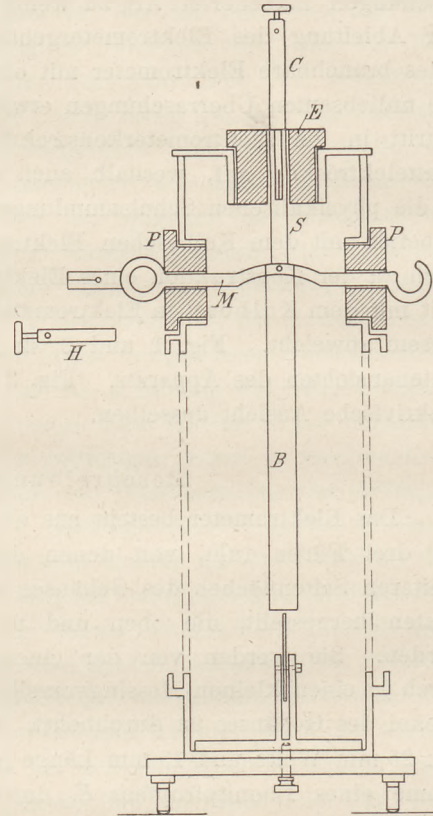


Fig. 2.

Oberhalb der Spiegelglasplatten ist in den Breitseiten des Messinggehäuses noch je ein kurzer massiver Ebonitpfropf *P* (Fig. 2) in ein kurzes in die Seitenwände des Gehäuses eingelötetes Messingrohr eingesetzt. Eine durch die zentrischen Durchbohrungen dieser Propfen hindurchgehende Verbindungslinie geht genau durch den Aufhängepunkt der Aluminiumfolie. Die zentrischen Durchbohrungen der Ebonitpfropfen *P* bilden das Lager für eine in ihrem mittleren Teil gekröpfte, durch den Apparat hindurchgehende messingene Achse *M*, die an ihren aus dem Gehäuse austretenden Enden je einen Messingring trägt. Der eine Messingring ist aufgeschnitten und der andere geschlossen, und an diesen ist in der Verlängerung der Achse noch ein kleines federnd aufgeschlitztes Messingröhrchen angelötet. An der Kröpfung der Achse *M* ist ein dünnes Aluminiumblech angeschraubt, das in seinem kurzen oberen Teil gebogen, in dem längeren unteren Teil gerade ist. Bei Drehung der Achse *M* legt es sich flach an das feste Aluminiumblech *A* an. Dadurch wird die Aluminiumfolie *F* mit leichtem Druck zwischen den beiden Aluminiumblechen

festgehalten und hierdurch der Apparat transportfähig gemacht. Das Blech *B* hat noch einen weiteren Zweck, indem es erstens die selbständige Entladung der Aluminiumfolie bei zu starkem Ausschlag bewirkt, wenn man die Achse *M* leitend mit der Erde oder dem Gehäuse verbindet, und indem es ferner dazu dient, die Empfindlichkeit des Elektrometers durch passende Annäherung an das Blech *A* bis zu einem hohen Grade zu vermehren. Es sei hier bemerkt, daß man die Potentialdifferenz von 2 Volt durch einen Ausschlag der Aluminiumfolie deutlich nachweisen kann, wenn man das Blech *B* bis auf wenige (3–4) Grade dem festen Bleche *A* nähert. Bei Beobachtung mit einem Fernrohr von kurzer Brennweite oder einem schwach vergrößernden Mikroskop sind sogar noch Spannungen von 1 Volt deutlich und sicher nachweisbar.

Endlich wird durch die anziehende Wirkung des Bleches *B* bewirkt, daß die Ausschläge der Folie *F* fast genau proportional dem Potential der Folie sind. Ist das Blech *B* auf 30 Grad gestellt, also so wie es Fig. 1 angibt, so entspricht jeder Grad Ausschlag fast genau dem Potential von 10 Volt. Genauere Angaben hier zu machen, hat keinen Zweck, da ja natürlich der Ausschlag mit der nicht immer konstanten Dicke der Aluminiumfolie wechselt, also demnach von Apparat zu Apparat etwas verschieden ist. Ein einmal geeichtes Elektrometer zeigt aber, solange man dieselbe Aluminiumfolie benutzt, immer dieselbe Beziehung zwischen Ausschlag und Potential. Für Demonstrationszwecke ist es völlig ausreichend genau, wenn man Ausschlag und Potential einander proportional setzt.

Auf das Fußblech des Elektrometers ist noch eine kleine Polklemme *K* zur Herstellung irgend welcher Verbindung, z. B. zur sicheren Verbindung mit der Erde, angebracht. Auch ist noch eine kleine Polklemme *L* auf die schmale Seitenwand des Gehäuses in der Höhe der Achse festgeschraubt. Diese Klemme hat besonders den Zweck, die leitende Verbindung der Achse *M* mit dem Gehäuse durch einen kurzen federnden Draht bequem zu ermöglichen.

Die Teilung des Ebonitpfropfens in zwei Hälften gestattet eine leichte Auswechselung desselben gegen einen anderen, ohne die Aluminiumfolie aus dem Apparat zu entfernen. Man braucht nur den Stab *S* mit der Folie etwas in die Höhe zu ziehen und kann dann beide Hälften des Pfropfens einzeln entfernen und durch andere ersetzen. Bekanntlich ist die mangelhafte Isolationsfähigkeit des Ebonitpfropfens gewöhnlich der Grund, weshalb ein derartiges Instrument leicht seine Ladung verliert. Der schönste Ebonitpfropfen wird durch den Einfluß von Licht und Staub nach kurzer Zeit leitend an seiner Oberfläche. Eine gründliche Waschung mit Wasser und Seife unter Benutzung einer kräftigen Bürste stellt dann die Isola-

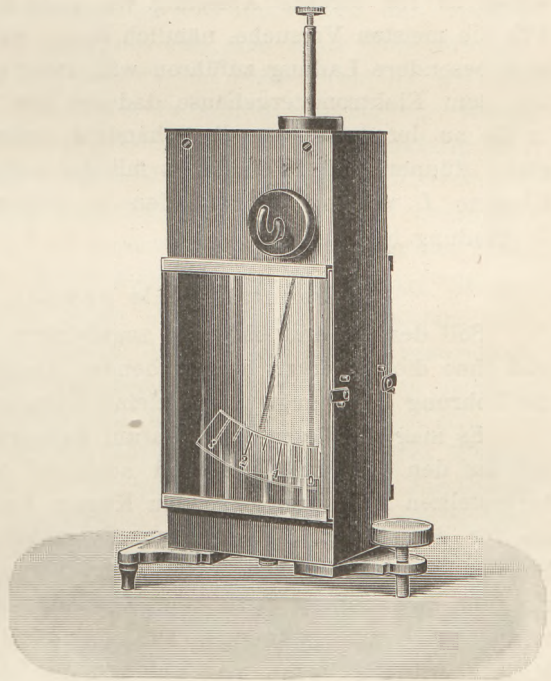


Fig. 3.

tionsfähigkeit leicht und meist wieder vollständig her. Bei einer solchen Behandlung ist es aber nicht zu vermeiden, daß der Pfropfen elektrisch geladen wird. Es gelingt auch kaum, in wenigen Minuten die Ladung völlig zu entfernen. Daher sind dem Apparat zwei solcher geteilter Pfropfen beigegeben, von denen der eine, nicht im Apparat sitzende, früher sorgfältig gereinigt war und dann vor Licht und Staub geschützt in einem besonderen Kästchen aufbewahrt wird, sodaß man also stets einen tadellos isolierenden Pfropfen zur Verfügung hat. Da man nun die Auswechslung des Pfropfens vornehmen kann, ohne den Apparat sonst irgendwie zu verändern, so hat man auch die Möglichkeit, ein tadellos isolierendes Elektrometer jederzeit herstellen zu können¹⁾).

Die hohe Empfindlichkeit des Apparates ist, abgesehen von der Einwirkung des drehbaren Zeigers *B*, dadurch erreicht, daß das Blättchen in der Länge von 90 mm, der ganzen im Handel vorkommenden Länge, angewandt ist. Das Elektrometer ist für direkte Ablesung wie auch zur Projektion gleich gut zu gebrauchen. Für die meisten Versuche, nämlich dann, wenn man nicht dem drehbaren Zeiger *B* eine besondere Ladung zuführen will, stellt man die leitende Verbindung des Zeigers mit dem Elektrometergehäuse dadurch her, daß man die kleine Klemmschraube *H* in die an der Achse von *B* vorhandene federnde Hülse einsteckt und dann *H* durch einen dünnen federnden Draht mit der auf der Seitenwand des Gehäuses sitzenden Klemme *L* verbindet. Bei allen im folgenden beschriebenen Versuchen ist diese Verbindung hergestellt.

Benutzung als gewöhnliches Elektroskop.

Soll der Apparat ohne die zugehörigen Nebenapparate, also ohne Kondensator und ohne die später zu beschreibenden Ansätze benutzt werden, so steckt man in die Bohrung der Stange *S* die kleine Klemmschraube *C*.

Es mag an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht werden, daß die gewöhnlich auf den Elektroskopen und auch auf vielen anderen für statische Elektrizität hergestellten Apparaten sitzenden Kugeln vollständig überflüssig sind; ja ich möchte sie für den Unterricht geradezu als schädlich bezeichnen, verführen sie doch den Schüler zu der falschen Vorstellung, als ob die Spitzenwirkung auch bei der geringsten elektrischen Spannung einträte, während sie doch tatsächlich erst eintritt, wenn es sich um Spannungen von über 2000 Volt handelt. Es ist aber im höchsten Maße überflüssig, wenn man sich vor der Spitzenwirkung oben an der Elektroskopstange durch unförmige und manchmal unbequeme Kugeln von hoher Kapazität schützen will, während man als Blättchen Metallfolie anwendet, deren Kanten und Spitzen schärfer als die schärfsten Messer und Nadeln sind. Man sollte im Unterricht alles vermeiden, was falsche Vorstellungen erweckt. Es ist besser, wenn der Schüler manches Richtige nicht lernt, als wenn er auch nur das geringste Falsche lernt. Daß man als Konduktoren der Elektrisiermaschine Kugeln verwendet, hat seine Berechtigung, da man hier meist mit weit höheren Spannungen arbeitet.

¹⁾ Man könnte natürlich nach dem Vorgange von Elster und Geitel die Isolation auch durch Bernstein bewerkstelligen, doch habe ich gefunden, daß der oben angeführte Kunstgriff mit dem auswechselbaren Hartgummipfropfen eine so hohe Isolationsfähigkeit bewirkt, wie man sie nur wünschen kann. Die Befestigung der Stütze für die Aluminiumblättchen in dem unteren Teile des Apparates, wie es von Elster und Geitel ausgeführt ist, hat den Nachteil, daß man die Stütze besonders kräftig gestalten muß, wenn sie für alle bei Schulversuchen in Frage kommenden Versuchsanordnungen genügend stabil sein soll, deshalb habe ich bei dem vorliegenden Apparat die isolierte Befestigung der Aluminiumfolie wieder an den Deckel des Apparates verlegt.

Die kleine Klemme *C* gestattet eine bequeme Verbindung des Elektrometerblättchens mit irgend welchen anderen Apparaten. Als Leiter zur Herstellung dieser Verbindungen benutze ich mit Vorliebe das sogenannte Brillantgarn, das ist ein Baumwollenfaden, in den einige Lamettafäden versponnen sind. Das Brillantgarn ist sehr leicht, ist wegen der metallischen Einlage ein vorzüglicher Leiter für die hier in Frage kommenden elektrostatischen Versuche, läßt sich kneten und zusammenbinden, wie ein gewöhnlicher Faden und ist sehr billig, sodaß man sich nicht zu scheuen braucht, einmal ein Ende abzuschneiden, wenn der Leiter zu lang ist oder einen zu kurzen Leiter einfach fortzuwerfen. Besonders das geringe Gewicht ist von praktischer Bedeutung, da man den Leiter fast geradlinig zwischen den zu verbindenden Apparaten ausspannen kann, ohne fürchten zu müssen, daß die Apparate umgeworfen werden, wie es bei Anwendung der schweren Metallketten leicht geschehen kann.

Will man das Potential eines Leiters untersuchen, also nachweisen, daß dasselbe überall auf dem Leiter konstant ist, so klemmt man das eine Ende eines Brillantgarnfadens in die Klemme *C* fest und bindet das andere Ende direkt an das eine Ende eines dünnen Hartgummistäbchens, z. B. eines Hartgummifederhalters. Durch diese kleine Abänderung des bekannten Versuchs erleichtert sich die Ausführung desselben wesentlich. Nun kommt noch hinzu, daß das beschriebene Elektrometer Spannungen von 100 Volt schon durch einen Ausschlag von ungefähr 10^0 nachweist. Das hat den großen Vorteil, daß man den zu untersuchenden Leiter nur auf diese Spannung zu laden braucht. Man hat also keine Elektrisiermaschine nötig, ein geriebener Hartgummistab reicht völlig zum Laden eines großen Konduktors aus. Wegen der geringen Spannung treten aber auch die Verluste infolge mangelhaft isolierter Aufstellung des Konduktors in viel geringerem Maße auf, als bei höherer Spannung. Sollte aber mangelhafte Isolation des Konduktors vorhanden sein, so genügt es gewöhnlich, die Stativstange unter der Wasserleitung gehörig mit Wasser abzuwaschen und dann mit einem trockenen Tuche abzureiben, denn der Grund mangelhafter Isolation ist fast immer Unsauberkeit. Die so unendlich oft für das Mißlingen eines Versuches verantwortlich gemachte Feuchtigkeit ist fast nie die Ursache des Mißerfolgs. Die so viel gepriesene Vorwärmung elektrostatischer Apparate richtet viel mehr Unheil an, als sie nutzt. Seit einem Jahre habe ich die Erwärmungsvorrichtung an meinem Experimentiertische entfernen lassen, weil sie bei reingehaltenen Apparaten überflüssig ist und bei unreinen Apparaten nur dazu verleitet, die Apparate bis zum Weichwerden der Kittungen zu erwärmen. Unter ganz besonders ungünstigen Verhältnissen, also z. B. wenn das Sammlungszimmer ungeheizt ist, dann die kalten Apparate in das warme Lehrzimmer gebracht werden und nun beschlagen, genügt es, wenn man die Apparate einige Minuten vor ihrem Gebrauche im Lehrzimmer in der Nähe des Ofens aufstellt. Ich bin überzeugt, daß mancher elektrostatische Apparat eine längere Lebensdauer gehabt hätte, wenn die unglückliche Erwärmungsvorrichtung am Experimentiertische ihm nicht ein frühzeitiges Ende bereitet hätte. Bemerken möchte ich noch, daß ich im vorigen Winter mehrfach Gelegenheit gehabt habe, die Unschädlichkeit der feuchten Luft zu erproben, da ich die elektrostatischen Versuche gelegentlich mehrerer öffentlicher Vorträge in einem Klassenzimmer gewöhnlicher Größe ausführen mußte, in dem 70 erwachsene Personen 2 volle Stunden ununterbrochen meine Zuhörer waren. Dabei war es an diesen Abenden so neblig, wie es eben nur in Hamburg sein kann. Man konnte von einer Laterne zur andern nicht sehen. Trotzdem gingen alle Versuche

ohne Ausnahme tadellos, wenn ich an dem Nachmittage vor dem Vortragsabend alle isolierenden Bestandteile der Apparate mit reinem Wasser tüchtig bearbeitet hatte. Ich hatte aber keinen einzigen Apparat vorgewärmt, nicht einmal die gewöhnliche Holtz-Weinholdsche Influenzmaschine, die doch sonst so leicht versagt.

Spannungsabfall auf einem Leiter.

Bekannt und unendlich oft ausgeführt ist der Nachweis des Spannungsabfalls auf einer Schnur, deren Enden mit den Polen (Konduktor und Reibzeug) einer Elektrisiermaschine verbunden sind. Diesen wichtigen Fundamentalversuch sollte man niemals unterlassen. Er ist gewiß wichtiger als so viele andere Versuche mit der Elektrisiermaschine, von denen viele mehr als niedliche Spielereien zur Unterhaltung und Belustigung der Schüler anzusehen sind, als daß sie dazu dienen, dem Schüler Verständnis für elektrische Erscheinungen und wirklich wichtige Vorgänge beizubringen.

Zur Ausführung der Demonstration des Spannungsabfalls auf einer Schnur befestige ich eine kräftige Hanfschnur von etwa 5 m Länge (mit ihren Enden je an einem Stück Hartgummi von ungefähr 10 cm Länge und 3 cm Breite, das ich mit zwei Löchern versehen habe. In eins der Löcher knote ich die Hanfschnur fest, und in das zweite wird ein Bindfaden gebunden, mittels dessen ich die Hanfschnur über dem Raume zwischen Experimentiertisch und Schülern in ungefähr 2 m Höhe über dem Erdboden geradlinig ausspanne. Zu dem Zwecke habe ich in den einander gegenüberliegenden Wänden zur Linken und Rechten des Experimentiertisches zwei Haken fest eingegipst. Diese Haken dienen auch sonst zum Ausspannen von Schnüren bei manchen anderen Experimenten. Nun werden die in den Hartgummistücken befestigten Enden der Schnur durch einen Brillantgarnfaden mit dem Pole einer kleinen Reibungselektrisiermaschine verbunden. Als Elektroskope für diesen Versuch dienen 5 Seidenpapierstreifen von ungefähr 70 cm Länge und $\frac{1}{2}$ — 1 cm Breite, die in der Mitte zusammengeknickt sind und nun einfach über die Schnur gehängt werden. Ein kleiner Kunstgriff gestattet nun eine äußerst gleichmäßige Ausführung des Versuches. Man muß die Brillantgarnfäden, die die Verbindung der Elektrisiermaschine mit der Hanfschnur herstellen, mit der inneren Belegung zweier Leydener Flaschen verbinden. Diese Verbindung hat einmal den Zweck, die Leitung der Elektrisiermaschine zur Hanfschnur isoliert vom Tisch zu halten; der zweite und Hauptzweck ist der, daß man auch bei ungleichmäßiger Drehung der Elektrisiermaschine infolge der hohen Kapazitäten der Leydener Flaschen gleichmäßige Elektroskopausschläge erhält. Auch dann behalten die Elektroskope noch eine Zeit lang ihre Ausschläge bei, wenn man mit dem Drehen der Maschine aufhört, sodaß man also die Polarität der Ausschläge mittels genäherter geriebener Hartgummi- oder Glasstäbe bequem untersuchen kann. Es ist wichtig, bei diesen Versuchen einmal das eine, dann das andere Ende der Schnur und endlich die Mitte derselben durch einen Brillantgarnfaden, den man nur lose überzuhängen braucht, zur Erde abzuleiten und nun die Polarität zu untersuchen.

Der soeben beschriebene Versuch ist aber nur zur Hälfte geeignet, das Bindeglied zwischen statischer und dynamischer Elektrizität zu bilden. Er wird ergänzt durch den Versuch, bei dem man die Pole einer größeren Batterie oder die Pole der elektrischen Starkstromleitung mit den Enden eines Leiters verbindet und nun mittels des Blättchenelektrometers den Spannungsabfall oder die Spannungsverteilung nachweist.

Ein mit den Polen einer 100-voltigen oder 220-voltigen Stromquelle verbundener Metalldraht von einer Länge, die die Dimensionen des Unterrichtsraumes nicht überschreitet, würde aber momentan glühend werden und schmelzen. Mit Erfolg habe ich als Leiter zu diesem Zwecke einen Bleistiftstrich verwandt, den ich auf eine mattgeschliffene Glasplatte gezogen habe. Ein Bleistiftstrich auf einem 1 m langen Mattglasstreifen bietet einen genügend großen Widerstand, um eine Spannungsdifferenz von 220 Volt an den Enden zuzulassen, ohne daß der durch diesen Graphitleiter hindurchfließende Strom eine für irgend einen Apparat gefährliche Stromstärke erreicht.

In Figur 4 ist die ganze Versuchsanordnung zum Nachweis des Spannungsabfalls abgebildet. *A* ist die eine Hälfte der mit dem Bleistiftstrich versehenen Mattglasscheibe. Die zweite Hälfte ist des Raumes wegen nicht mit abgebildet. Auf der Vorderseite ist eine Zentimeterteilung angebracht. Die beiden Enden sind mit Zuleitungsklemmen für die Verbindung mit der Stromquelle versehen. Der auf der

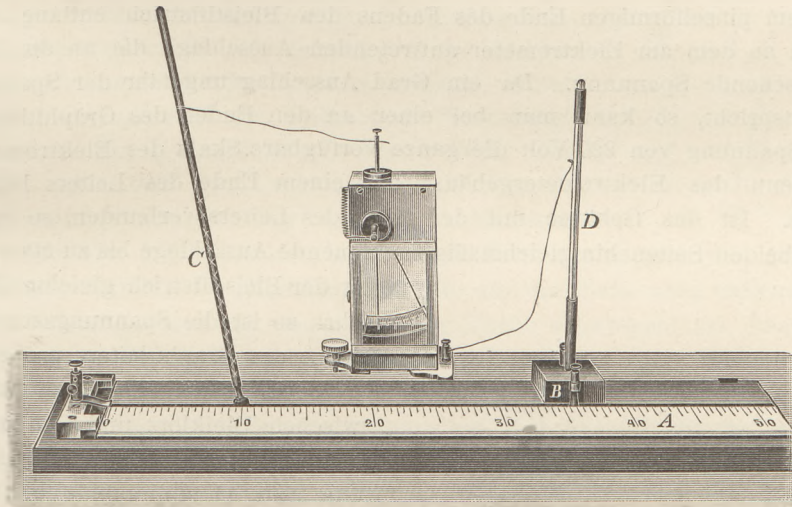


Fig. 4.

Glasscheibe stehende Bleiklotz *B* hat den Zweck, irgend eine Stelle des Striches abzuleiten, besonders um eine leitende Verbindung des isoliert aufgestellten Elektrometergehäuses mit einem Punkte des Graphitleiters herzustellen. Zu dem Zwecke ist an der Vorderseite des Bleiklotzes eine kleine Hülse angebracht, in der ein Pinsel aus Lamettafäden verschiebbar sitzt. Wenn man den Lamettapinsel hinunterschiebt, berührt er eine Stelle des Graphitleiters leitend, ohne den Bleistiftstrich zu beschädigen. Auf dem Bleiklotze sitzt eine Klemmschraube zur Herstellung der Verbindung des Klotzes mit dem Elektrometergehäuse. Außerdem sitzt auf dem Bleiklotze noch eine federnd aufgeschlitzte Hülse zur Aufnahme einer mit verdünnter Salzlösung gefüllten engen Glasröhre *D*, in deren Enden Platinösen eingeschmolzen sind, und zwar ist die eine (untere) Platinöse direkt in der Richtung der Verlängerung der Rohrachse eingeschmolzen, sodaß sie beim Einstecken in die Hülse in direktem Kontakt mit einigen in die Bleihülse gesteckten Lamettafäden oder Stanniolstückchen steht. Die zweite (obere) Platinöse sitzt etwas unterhalb des nur durch ein Ende Gummischlauch mit eingestecktem Glasstäbchen verschlossenen Rohres, damit die vielleicht entstehenden Gasblasen sich oberhalb der Platinöse sammeln können, ohne die leitende Verbindung der Öse mit der Salzlösung zu unterbrechen. Der Zweck dieser Glasröhre ist die Herstellung eines großen Widerstandes in der Verbindung des Bleiklotzes mit Teilen des Elektrometers, wodurch bewirkt werden

soll, daß bei unbeabsichtigter Berührung des Aluminiumblättchens mit dem Entladearm des Elektrometers der entstehende Strom nur sehr schwach bleibt, da ja schon ein verhältnismäßig schwacher Strom imstande ist, das dünne Aluminiumblättchen zum Glühen und Verbrennen zu bringen. Diese Vorsicht ist nur dann nötig, wenn man die Spannung an den Enden des Graphitleiters untersucht, denn bei Berührung eines mittleren Punktes des Bleistiftstriches bietet dieser selbst einen genügend großen Widerstand zur Abschwächung des Stromes. Man verbindet also das Elektrometergehäuse entweder direkt mit der Klemme auf dem Bleiklotz oder mit der oberen Platinöse der Glasröhre. Letzteres ist in Figur 4 ausgeführt.

Der Lamettapinsel des Klotzes berührt den Strich. Dann klemmt man in die auf der Elektrometerstange befindliche Klemme einen Brillantgarnfaden, dessen anderes Ende an einem dünnen Hartgummistäbchen *C* so festgebunden ist, daß noch einige einzelne Lamettafäden in Form eines Lamettapinsels vorstehen. Führt man nun mit dem pinselförmigen Ende des Fadens den Bleistiftstrich entlang, so beobachtet man an dem am Elektrometer auftretenden Ausschlage die an der berührten Stelle herrschende Spannung. Da ein Grad Ausschlag ungefähr der Spannung von 10 Volt entspricht, so kann man bei einer an den Enden des Graphitleiters herrschenden Spannung von 220 Volt die ganze verfügbare Skala des Elektrometers ausnutzen, wenn das Elektrometergehäuse mit einem Ende des Leiters leitend verbunden ist. Ist das Gehäuse mit der Mitte des Leiters verbunden, so beobachtet man nach beiden Seiten hin gleichmäßig zunehmende Ausschläge bis zu etwa 10 Grad.

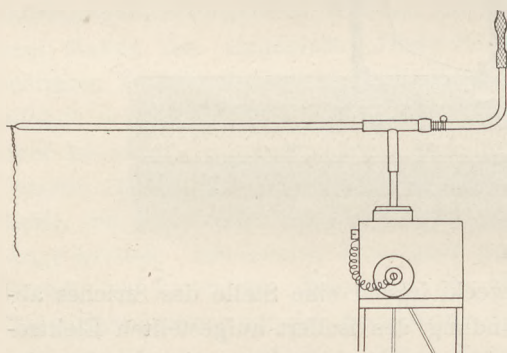


Fig. 5.

Ist der Bleistiftstrich gleichmäßig ausgeführt, so ist die Spannungszunahme der Länge des Graphitleiters proportional.

Anstatt den Flüssigkeitswiderstand zwischen Bleiklotz und Gehäuse einzuschalten, kann man ihn auch in der Leitung vom Aluminiumblättchen zum ableitenden Pinsel einschalten. Das diesem Zwecke dienende Glasrohr hat dann die Gestalt Fig. 5. Es wird mit seiner Messingfassung direkt auf die Elektrometerstange aufgesetzt. Die Messingfassung ist mit

der einen eingeschmolzenen Platinöse leitend verbunden. Der ableitende Brillantgarnfaden wird dann in die am anderen Ende befindliche Platinöse eingeknüpft.

Dieser Versuch ergänzt den Versuch mit der Hanfschnur in willkommener Weise, indem man durch denselben imstande ist, die auf einem Starkstromleiter herrschenden Spannungsdifferenzen mittels eines gewöhnlichen Blattelektrometers nachzuweisen. Allerdings bedarf man zur Ausführung dieses Versuches eines so empfindlichen Elektrometers, wie es das beschriebene ist. Bei Benutzung eines weniger empfindlichen Elektrometers muß man schon den Kondensator zu Hilfe nehmen. Dieses Hilfsmittel macht aber die Versuchsanordnung weniger übersichtlich, ganz abgesehen davon, daß man dann nicht wie oben einfach mit dem Pinsel auf dem Leiter entlang fahren kann, sondern die Untersuchung von Punkt zu Punkt ausführen muß.

Versuche mit dem Kondensator.

Über den Gebrauch des Kondensators möchte ich einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken. Wenn man die obere Kondensatorplatte, also die Kollektorplatte aus

der Hand legt, so verführt die Handhabe dazu, sie so auf den Tisch zu stellen, wie es Fig. 6 A zeigt. Diese Aufstellung ist aber die Quelle der mannigfachsten Versuchsfehler. Gesetzt den selten eintretenden Fall, die Platte des Experimentiertisches ist ganz rein, so wird die untere sehr dünne Lackschicht bei der geringsten seitlichen Verschiebung der Kollektorplatte auf dem Tische stark elektrisch geladen und täuscht dadurch leicht elektrische Zustände vor, die eigentlich gar nicht da sein sollten. In vielen, vielleicht den meisten Fällen ist aber die Tischplatte nicht rein, im günstigen Falle liegt Staub und Kreide auf dem Tische, im ungünstigen Falle sind Wasser oder gar Säurereste auf dem Tische vorhanden. Dadurch wird aber die Lackschicht sofort beschädigt, und der Kondensator wirkt ganz anders als er wirken soll. Gewöhnt man sich aber daran, die Kollektorplatte so auf den Tisch zu legen, wie es Fig. 6 B zeigt, so ist weder störende Reibungselektrizität noch eine Beschädigung der Lackschicht auch bei nicht ganz reinem Tische zu befürchten. Die unversehrte Lackschicht beider Platten, der Kondensator- und der Kollektorplatte ist ein unbedingtes Erfordernis für das gute Gelingen aller Kondensatorversuche. Sollte durch irgend einen Zufall die Lackschicht beschädigt sein, so muß sie durch eine frische ersetzt werden. Zu dem Zwecke reibe man die Lackreste mittels eines in Alkohol getauchten Lappens völlig fort und schleife dann die Platte auf einem frischen reinen Bogen feinen Schmirgelpapiers, den man flach auf den Tisch legt, sorgfältig ab. Nachdem man die auf der Platte noch haftenden Staub-, Metall- und Schmirgelreste mit einem sauberen Tuche abgewischt hat, kann man die Platte aufs neue lackieren. Dazu erwärmt man die Platte über einer Flamme vorsichtig, bis sie lauwarm geworden ist, und streicht dann mit einem breiten weichen Haarpinsel rasch und gleichmäßig dünne Schellacklösung auf. Die Lackschicht muß so dünn wie irgend möglich hergestellt werden, wenn man eine große Verstärkungszahl des Kondensators erreichen will. Ist das Lackieren nicht gleich das erste Mal nach Wunsch gelungen, so kann man den mißlungenen Anstrich leicht wieder mit einem Alkoholappen abreiben und den Anstrich wiederholen. Die Mühe ist gering im Vergleich mit dem Erfolge, den man jetzt mit zwei tadellos lackierten Platten erhält.

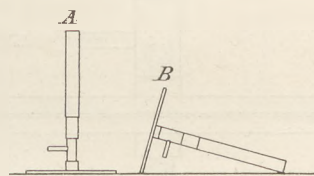


Fig. 6.

Eine zweite unangenehme Störung der Versuche mit dem Kondensator wird dadurch leicht veranlaßt, daß man durch das Anfassen des aus Glas oder Hartgummi bestehenden isolierenden Handgriffes an dem Griff selbst Reibungselektrizität erzeugt. Um dieses zu vermeiden, empfehle ich, den Handgriff an seinem oberen anzufassenden Teile mit Stanniol zu bekleben oder denselben in seinem oberen Teile, so wie es unten beschrieben ist, ganz aus Metall zu machen.

Eine fernere Störung wird endlich durch die beim Aufsetzen der Platten aufeinander erzeugte Reibungselektrizität verursacht. Über die Beseitigung dieser Störung verweise ich ebenfalls auf die weiter unten beschriebene Anordnung.

Um die Versuche mit dem Kondensator des Elektrometers auszuführen, ersetzt man die in den vorigen Versuchen benutzte Polklemme *C* durch den Aufsatz *D* (Fig. 7). In Fig. 7 ist der Aufsatz *D* mit daraufgesetztem Kondensator abgebildet. Der Aufsatz *D* besteht aus einer 35 mm langen Messingstange, an die in 20 mm Höhe ein 6 mm weites federnd aufgeschlitztes horizontales Messingrohr hart angelötet ist.

Die Kondensatorplatten sind einseitig in der Mitte mit einer aufgelöteten Messingfassung versehen, die eine zentrische Bohrung trägt, sodaß sie mit leichter Reibung drehbar auf die Elektrometerstange gesetzt werden kann. Außen ist die Fassung

mit einem Gewinde versehen, das an ein an einem Hartgummigriff sitzendes Muttergewinde angeschraubt werden kann. An das am Hartgummigriff sitzende Muttergewinde ist wieder ein horizontales, federnd aufgeschlitztes Messingröhrchen festgelötet. Der Hartgummigriff ist in seinem oberen Teile mit einem Messingrohre umgeben, um etwaige durch das Anfassen bewirkte Ladungen zu vermeiden.

Die an dem Aufsätze *D* und an der Fassung des Hartgummigriffes vom Kondensator angebrachten kleinen horizontalen Messingröhrchen gestatten eine bequeme Verbindung von Kollektor- und Kondensatorplatte mit anderen Platten oder mit den

Polen einer Stromquelle. Hierdurch wird einerseits die Eichung, andererseits auch die Messung einer unbekanntenen Spannung erleichtert.

Die mit leichter Reibung auszuführende Drehung der Kollektorplatte auf dem Elektrometer ermöglicht die Herstellung eines reibungslosen Kontaktes der Kollektor- und Kondensatorplatte. Zu dem Zwecke wird in das an dem Aufsätze *D* befindliche Röhrchen ein 60 mm langer Messingstab eingesetzt und in die Fassung der Kollektorplatte kommt ein rechtwinklig gebogener Messingstab (Fig. 7 a). Dreht man dann beide aufeinanderliegende Platten mittels des Hartgummigriffes auf dem Zapfen von *D* (Fig. 7), so geraten die

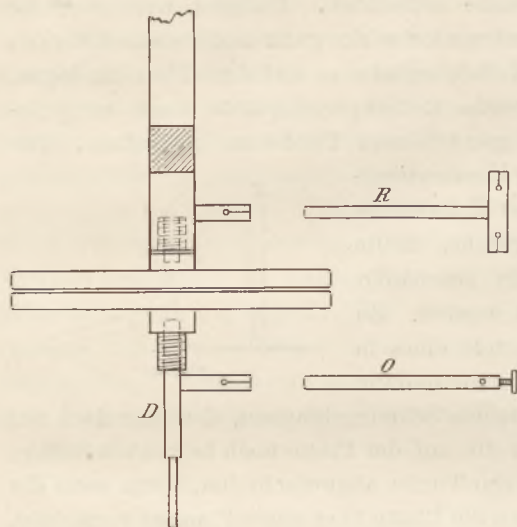


Fig. 7.

beiden Ansätze in Berührung, ohne daß man zu fürchten hätte, daß durch diese Berührung neue elektromotorische Kräfte eingeführt werden.

Ferner passen in die an dem Aufsätze *D* und an der Kollektorplattenfassung vorhandenen horizontalen federnden Messingröhrchen die Klemmen *O*, von denen zwei vorhanden sind. Diese dienen zur Herstellung der leitenden Verbindung der beiden Platten mit anderen Apparaten.

Die Messingstäbe *R*, die wieder federnde Metallröhrchen tragen, passen ebenfalls in die horizontalen Rohransätze von *D* und von der Kollektorplattenfassung. Die Stäbe *R* dienen dazu, kleine Zink-, Kupfer- oder andere Metallbleche, die an kleine Messingstäbe angelötet sind, an den Kondensatorplatten leicht und sicher, aber vertikal verschiebbar zu befestigen. Der aus zwei Messingplatten bestehende Kondensator wird in erster Linie verwandt, um die Spannungsdifferenz an den Polen eines galvanischen Elementes nachzuweisen. Dieser Nachweis sollte der erste Versuch sein, mit dem man den eigentlichen Galvanismus beginnt. Es ist gewiß nicht empfehlenswert, in der Schule mit dem Voltaschen Fundamentalversuche zu beginnen, denn die Frage nach dem Ursprung der Spannungsdifferenz ist eine wissenschaftliche Streitfrage, die noch immer ungelöst ist.

Unentschiedene Streitfragen gehören aber nicht in die Schule. Für den Unterricht genügt es, nachzuweisen, daß zwei verschiedene Metalle, die in eine leitende Flüssigkeit tauchen, eine Potentialdifferenz zeigen, deren Ausgleich dann auf Kosten der chemischen Prozesse im Element den Strom verursacht. Ob dabei die chemische Affinität die

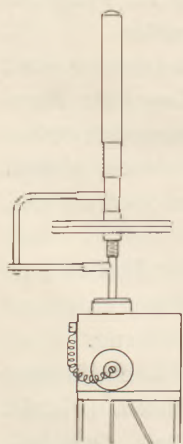


Fig. 7 a.

primär wirkende ist, oder ob die Kontaktelektrizität den ersten Anstoß zu der Gleichgewichtsverschiebung bietet, wird durch diesen Versuch nicht berührt. Zur Ausführung des Nachweises der Potentialdifferenz (siehe Fig. 8) an zwei in einen Elektrolyten tauchenden Metallplatten nimmt man ein amalgamiertes Zinkblech und ein Kupferblech von etwa 1×3 cm Größe, an welche je ein blanker Kupferdraht von 10 cm Länge gelötet ist. Die beiden Bleche werden unter Zwischenschaltung zweier kleiner Korkstreifen mit einem Faden zusammengebunden und nun in ein kleines Präparatenglas oder ein Probirröhrchen gestellt, das einige Tropfen stark verdünnter Schwefelsäure (1:30) enthält. Auf das Elektrometer ist der Kondensator gesetzt, und in den horizontalen Ansatzröhrchen stecken der schon oben beschriebene 60 mm lange gerade und der rechtwinklig gebogene Messingstab. Dann hält man das vorhin beschriebene kleine Zink-Kupferelement so zwischen die beiden Messingansätze, daß beim Drehen

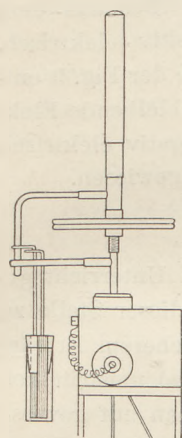


Fig. 8.

der beiden Kondensatorplatten die an den Metallblechen sitzenden Kupferdrähte mit je einem der Messingansätze in Berührung kommen. Nun leitet man die obere Platte durch Berühren ihres Ansatzes mit dem Finger ab, dreht die beiden Platten wieder zurück, sodaß die Berührung zwischen Element und Kondensatorplatten wieder gelöst wird, und hebt die obere Platte ab. Man erhält einen Ausschlag von ungefähr 10^0 , herrührend von positiver oder negativer Elektrizität, je nachdem die Kupfer- oder die Zinkplatte mit der unteren Platte in Berührung war.

Darauf wird derselbe Versuch mit einem Metallblechpaare von ungefähr einem Quadratdezimeter Oberfläche wiederholt und derselbe Ausschlag erreicht.

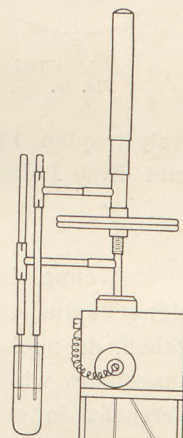


Fig. 9.

Die Ausführung dieser Fundamentalversuche geht bei der beschriebenen Versuchsanordnung und mit dem beschriebenen Elektrometer mit ebenso großer Leichtigkeit wie Sicherheit vor sich. Der Einfluß der verschiedenen Metalle, der verschiedenen Elektrolyte und ihrer Konzentration ist sicher nachweisbar. Daß bei diesen Versuchen das Elektrometergehäuse zur Erde abgeleitet sein muß, versteht sich wohl von selbst.

Die Erhöhung des Potentials durch Hintereinanderschalten von mehreren Elementen ist mit dem Kondensator hoher Verstärkungszahl nur bei zwei Elementen ausführbar, da bei mehr Elementen der Ausschlag zu groß wird, doch kann man den Messungsbereich dadurch wesentlich erweitern, daß man den Plattenabstand der Kondensatorplatten durch ein zwischengelegtes Stück paraffinierten Papiers oder eine dünne Glasplatte vergrößert, also die Verstärkungszahl des Kondensators erniedrigt. Bei der Benutzung einer größeren Elementenzahl braucht man überhaupt keinen Kondensator mehr. Man kann den Ausschlag direkt ablesen.

Der soeben beschriebene Versuch wird durch den folgenden wesentlich ergänzt (siehe Fig. 9). Man steckt in die horizontalen Rohransätze der beiden Kondensatorplatten die Messingstäbe *B* mit den federnden Röhrchen und schiebt in letztere zwei Messingstäbe, an deren untere Enden eine Kupfer- und eine Zinkplatte gelötet sind, so weit hinein, daß die Metallbleche in gleicher Höhe hängen. Berührt man nun die beiden Metallbleche durch Drehen der Kondensatorplatten direkt, so erfolgt nach dem Zurückdrehen und Abheben der oberen Platte kein Ausschlag. Wenn man dagegen die beiden verschiedenen Metallbleche gleichzeitig mit dem feuchten

Finger berührt oder in ein Gläschen mit angesäuertem Wasser eintaucht, indem man das Gläschen von unten her hebt, so wie es die Figur 9 zeigt, bis die Platten eintauchen, dann wieder senkt, um die Berührung mit dem Elektrolyten zu unterbrechen, und nun die obere Kondensatorplatte abhebt, so erfolgt ein Ausschlag und zwar von positiver Elektrizität, wenn das Zink mit der unteren Platte verbunden ist, und von negativer Elektrizität, wenn das Kupfer an der unteren Platte hängt.

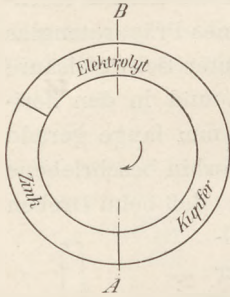


Fig. 10.

Die Erklärung für dieses scheinbare Paradoxon ist leicht, wenn man sich den Stromkreis Fig. 10 vorstellt. In diesem Stromkreise fließt ein positiver Strom in der Uhrzeigerrichtung, also in der Richtung des beigezeichneten Pfeiles. Unterbricht man den Stromkreis bei A, also an der Berührungsstelle der beiden Metalle, so hat man die Versuchsanordnung von Fig. 8. Das aus dem Elektrolyten herausragende Kupferblech ist positiv elektrisch. Unterbricht man dagegen bei B, so erhält man die der Fig. 9 entsprechende Anordnung. Der an dem Zink hängen bleibende Elektrolyttropfen ist positiv und der am Kupfer hängende Elektrolyt negativ elektrisch

und diese Polarität ist durch den zuletzt beschriebenen Versuch nachgewiesen.

Der Voltasche Fundamentalversuch.

Wenngleich ich die Ausführung dieses Versuchs nicht für den Unterricht geeignet halte, so kann ich doch nicht umhin, die Beschreibung an dieser Stelle zu geben, da nach meinen Erfahrungen dieser Versuch nur selten mit sicherem Erfolge ausgeführt wird. Unser Elektrometer gestattet die Ausführung des viel umstrittenen Versuchs in so einwandfreier und absolut sicherer Weise, wenn man auf gewisse scheinbar nebensächliche, aber in der Tat zum sicheren Gelingen wichtige Dinge achtet, daß ich hoffen kann, der Versuch wird auch dort gelingen, wo bisher nur Mißerfolge zu verzeichnen waren.

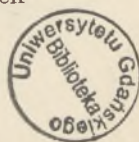
Man kann natürlich nur dann eine Spannungsdifferenz zwischen Zink und Kupfer mit dem Kondensator nachweisen, wenn die beiden Kondensatorplatten selbst aus Zink und Kupfer bestehen. Der vorhin beschriebene Versuch, bei dem zwei an den Messingplatten hängende Zink- und Kupferplatten beim Berühren keine Spannungsdifferenz ergaben, ist in seinem Resultat selbstverständlich, ohne in irgend einer Weise für oder gegen den Voltaschen Fundamentalversuch zu sprechen, da es eben kein solcher war. Trotz der sich berührenden Zink- Kupferbleche war nur das Nichtvorhandensein einer Spannungsdifferenz an den beiden messingenen Kondensatorplatten nachgewiesen. Ebenso wenig kann von einem Voltaschen Fundamentalversuch geredet werden, wenn man eine aus Zink und Kupfer zusammengelötete Platte am Zinkende oder am Kupferende anfaßt, mit dem freien Ende die eine messingene Kondensatorplatte berührt und nun die zweite Kondensatorplatte mit dem Finger ableitet. Es vertritt hier der menschliche Körper den Elektrolyten. Die Folge ist, daß beim Anfassen des Zinkendes bei gleichzeitiger Berührung der anderen Kondensatorplatte der Versuch nichts anderes ist als der Versuch von Fig. 9. Beim Anfassen des Kupferendes aber tritt nur eine so geringe durch den Elektrolyten (den menschlichen Körper) hervorgerufene Spannungsdifferenz auf, daß bei den gewöhnlichen Elektrometern überhaupt nichts geschieht, bei unseren empfindlichen aber nur ein sehr geringer Ausschlag eintritt, genau so wie es nach Figur 8 oder Figur 9 zu erwarten ist.

Zur einwandfreien Ausführung des Versuchs verfähre man auf folgende Weise: Man stelle die Versuchsanordnung von Figur 7a her, benutze jedoch zwei verschiedene Metallplatten; also man setzt auf die Elektrometerstange die gut eben geschliffene und dünn lackierte Zinkplatte und schraubt in die isolierende Handhabe die ebenfalls gut eben geschliffene und dünn lackierte Kupferplatte. Auf die sorgfältige Instandhaltung der Lackschichten ist hier in noch höherem Maße zu achten, wie bei den gewöhnlichen Kondensatorversuchen. Nun steckt man in die oft erwähnten Ansätze wieder die beiden Messingstäbe, also unten den geraden, oben den rechtwinklig gebogenen. Darauf dreht man die beiden Messingstäbe bis zur Berührung und berührt gleichzeitig mit einem in der Klemme des Elektrometergehäuses befestigten Draht einen der beiden Messingstäbe. Nachdem dann alle Verbindungen, und zwar zuerst die Verbindung mit dem Gehäuse, dann durch Zurückdrehen der Platten die Berührung der Messingstäbe unter einander gelöst sind, hebt man die obere Platte ab. Trotzdem hier jede chemische Wirkung beim eigentlichen Kontakt ausgeschlossen ist, und trotzdem keine Reibung der sich berührenden Lackschicht eintreten konnte, tritt mit absoluter Sicherheit ein Ausschlag von 7—10 Grad ein, herührend von der positiven Elektrizität des Zinks.

Vertauscht man die beiden Platten, und das ist ja durch die besondere Anordnung der Gewinde und der Bohrung in den Plattenfassungen leicht möglich, so zeigt die Kupferplatte eine negative elektrische Spannung von (fast) derselben Höhe. Daß der Ausschlag nicht von absolut genau derselben Größe ist, wie dann, wenn das Zink unten ist, rührt davon her, daß das Elektrometergehäuse aus Messing besteht. Praktisch genommen sind beide Ausschläge gleich, doch theoretisch muß eine geringe Differenz bei den beiden Versuchen vorhanden sein.

Macht man denselben Versuch mit zwei anderen Metallplatten, so erhält man die der Voltaschen Spannungsreihe genau entsprechende Anordnung. Nimmt man z. B. die untere Platte aus Eisen und verwendet als Kollektorplatte das eine Mal eine Zink-, das andere Mal eine Kupferplatte, so erweist sich beim ersten Versuche das Eisen als negativ, beim zweiten als positiv elektrisch. Interessant ist das Versuchsergebnis, wenn man die Versuchsanordnung von Fig. 9 mit zwei aus Zink-Kupfer bestehenden Kondensatorplatten ausführt. Bei direkter Berührung der angehängten Metallbleche erhält man dasselbe Resultat, wie dann, wenn einfach die Messingarme die Berührung herstellen. Bei elektrolytischer Berührung erhält man dann, wenn an der Zinkplatte ein Zinkblech, an der Kupferplatte ein Kupferblech hängt, nur einen ganz minimalen Ausschlag. Hängt dagegen an der Zinkplatte das Kupferblech und an der Kupferplatte das Zinkblech, so beträgt nach elektrolytischer Berührung der Ausschlag 12 bis 15 Grad.

Der Kontakttheoretiker erklärt die ganze letzte Versuchsreihe durch eine in der Natur der Metalle liegende normale oder spezifische Spannungsdifferenz derselben, die sich auch ohne Mitwirkung chemischer Kräfte stets herstellt, wenn sich die Metalle berühren. Da diese Spannungsdifferenz energetisch unwirksam ist, weil sie sich ja nicht durch einfache Berührung wieder ausgleicht, also keinen Strom erzeugen kann, so widerspricht die Annahme derselben auch dem Energiegesetz durchaus nicht. Der Anhänger der chemischen Theorie findet die Quelle der Spannungsdifferenz in der an der Oberfläche der Kondensatorplatten (nicht an der Kontaktstelle) auftretenden Oberflächenwirkung des Luftsauerstoffs. Es ist hier nicht der Ort, auf diese auch heute noch unentschiedene Kontroverse näher einzugehen. Jedenfalls möchte ich aber noch einmal betonen, daß die ganze Versuchsreihe über den



Voltaschen Fundamentalversuch nicht vor das Forum der Schüler gehört. Für den Unterricht wird und muß man sich mit dem Nachweis der an den Metallen eines galvanischen Elements vorhandenen Spannungsdifferenz begnügen.

Entladende Wirkung der ionisierten Luft.

Infolge der hohen Empfindlichkeit und infolge seiner vorzüglichen Isolation eignet sich das Elektrometer zum Nachweis aller der in dieses Kapitel gehörenden Erscheinungen sehr gut. Da der das Aluminiumblättchen tragende Stab mit dem oberen Ende des Hartgummipfropfens abschneidet, so ist die entladende Wirkung der Atmosphäre bei dem Apparate ohne Aufsatz minimal, sodaß derselbe eine ihm mitgeteilte Ladung stundenlang behält. Setzt man aber in die Bohrung der Stange einen zylindrischen Zerstreuungskörper, so kann man die entladende Wirkung der Atmosphäre bei klarer und nebliger Luft, bei Gegenwart radioaktiver Substanzen, bei Einwirkung von Röntgenstrahlen u. s. w. gut untersuchen. So ist die Wirkung eines angenäherten Auerschen Glühstrumpfes schon sehr auffallend. Versuche mit Radiumpräparaten habe ich in Ermangelung solcher noch nicht ausführen können. Setzt man eine 5×7 cm große frisch amalgamierte Zinkplatte mit einem angelötetem Messingstift in die Bohrung des Elektrometerstabes, so fällt das mit negativer Elektrizität divergierende Blättchen momentan zusammen, wenn man ein Stück Magnesiumband in der Nähe verbrennt.

Die Ausführung dieser Versuche bedingt aber keine besondere oder neue Versuchsanordnung, weshalb ich darauf verzichte, ihre Einzelheiten zu beschreiben.

Das Elektrometer ist mit seinen sämtlichen Nebenapparaten, sowie dem auf einer Mattglasscheibe hergestellten Graphitleiter mit ableitendem Bleiklotz und dem Flüssigkeitswiderstande von der optisch-mechanischen Firma A. Krüß (Hamburg, Adolfsbrücke) nach meinen Angaben gebaut und auch von dort zu beziehen.

Apparat für das Mariottesche Gesetz.

Von

Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller, in Brandenburg a. H.

Der eine Hauptteil des in der Fig. abgebildeten Apparates ist ein 6—7 mm weites, 165 cm langes U-förmiges Quecksilbermanometer ABC . An den kürzeren Schenkel desselben, AB , ist das Rohr AE mit dem Dreiwegehahn E angesetzt. Der seitliche Rohransatz F des letzteren ist nur wenige Centimeter lang, während der abwärts gerichtete H nach hinten umgebogen durch ein Loch des Brettes DD geht, auf der Rückseite etwas hervorragt und mit einem dünnen Druckschlauch S verbunden ist.

Das Manometerrohr wird bis zur Linie 11 mit reinem Quecksilber gefüllt. Zum Messen des Kuppenabstandes dient ein über Rollen geführtes, hinter dem Brett durch Spiralfedern zusammengehaltenes Meßband IK .

Den zweiten Hauptteil bildet das auf einem Brettchen NR vor einer Millimeterteilung mit stark ausgezogenen Centimeterstrichen horizontal befestigte, gut kalibrierte, 2 mm weite Rohr LM , dessen vorderes Ende durch den Hahn R abgeschlossen wird, während das hintere nach oben umgebogene Ende L durch ein Stück Druckschlauch mit dem Ansatz F verbunden ist.

In dieses wohl gereinigte Rohr ist ein etwa 3 cm langer Faden von reinstem Quecksilber eingebracht. Damit derselbe bei plötzlichen Druckschwankungen nicht

zu heftig vorsehnet und dadurch zerreißt, ist als Dämpfer ein Wattepfropf in das Ende *L* des Rohres fest eingepreßt.

Der Apparat wird am besten dicht vor dem Experimentiertische auf einen 20 cm hohen Kasten gestellt und der Schlauch *S* mit einer Hahnenluftpumpe verbunden. — Soll nun das Mariottesche Gesetz vor der Klasse schnell bestätigt werden, so bringt man den Quecksilberfaden in *LM* bei geöffnetem Hahn *R* durch vorsichtiges Saugen oder Drücken auf den Centimeterstrich 12. Nachdem *R* geschlossen, drückt man Luft in den Apparat, bis der Quecksilberfaden bei Strich 6 steht; der Kuppenabstand im Manometer *ABC* wird dann einer Atmosphäre Überdruck entsprechen. In der Zeichnung ist dieser Fall dargestellt. Drückt man das Quecksilber im Manometer bis in die Stellung 3—3, so wird der Index sich auf 4 cm einstellen.

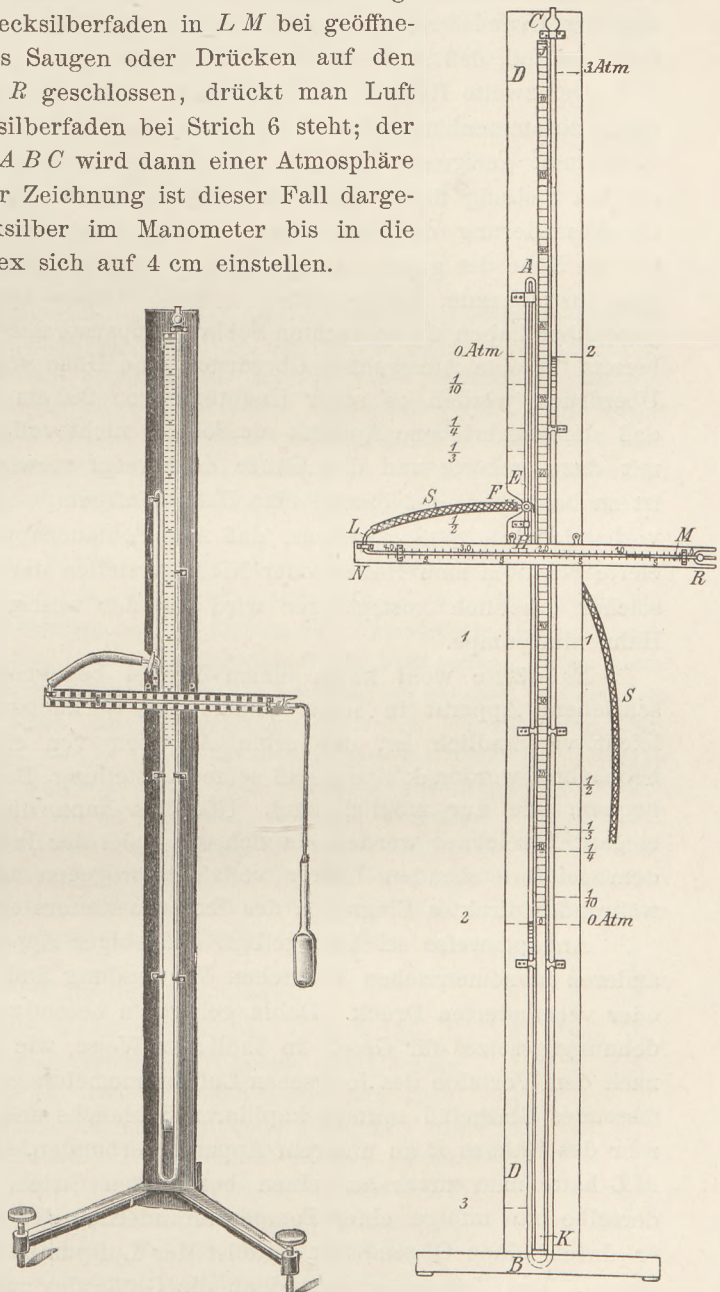
Läßt man nun die Pumpe saugend wirken und bringt dadurch den Index auf 24, 36, so werden im Manometer sich die Kuppen auf die Punkte $\frac{1}{2} \dots \frac{1}{2}, \frac{1}{3} \dots \frac{1}{3}$, begeben.

Wenn man vor der Stunde nach dem Barometerstande die Stellen 2, 3, $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}$ durch Kreidestriche bezeichnet hat, braucht diese ganze Beobachtungsreihe kaum 2 Minuten zu dauern.

Selbstverständlich wird man bei Schülerübungen die Anfangsvolume beliebig wählen und bei der Bestätigung des Gesetzes für Überdruck zur Erhöhung der Genauigkeit etwa vom Centimeterstrich 36 ausgehen. Auch kann durch genaue Nachmessung der Länge des Quecksilberfadens die Kalibrierung des Rohres bewirkt werden.

Falls das Manometer nach Abschluß des Luftpumpenhahns nicht stationär bleibt, sperrt man vor der Ablesung durch Vierteldrehung des Hahnes *E* nach rechts die hintere Leitung ab.

Durch Vierteldrehung links wäre auch die Leitung über *F* gesperrt. Wie sich etwaige Undichtigkeiten an anderen Stellen zu erkennen geben, bedarf keiner Erläuterung. Selbstverständlich wird man solche vor der Demonstration beseitigen. Zum Festschnüren des Schlauches auf den gewulsteten Rohrstutzen dient am besten ausgeglühter Kupferdraht von 1 mm Stärke.



Die vorstehende Konstruktion bezweckte zunächst, das druckanzeigende bezw. druckangehende Quecksilber in ein starres, ein für alle Male fest mit dem Stativ verbundenes Glasrohr einzuschließen, um so den bei den bisherigen Apparaten gleicher Gattung üblichen Schlauch zu vermeiden. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß ein solcher langer mit Quecksilber gefüllter Schlauch gewiß nur ein Notbehelf ist und den Grundsätzen solider Konstruktion keineswegs entspricht. Dazu kommt noch der Umstand, daß auch die besten Schläuche mit der Zeit steif und brüchig werden.

Der zweite Hauptzweck war tunliche Herabsetzung der Höhenabmessung und damit zusammenhängend des Gewichtes, sodaß man selbst den für 2 Atmosphären Überdruck geeigneten Apparat bequem mit einer Hand tragen und in seiner senkrechten Stellung durch die Türen bringen kann. Dieser Zweck ist erreicht durch die Absonderung der Meßröhre von dem Manometer, der man so ohne Rücksicht auf die Höhe des ganzen Apparates eine recht beträchtliche, auch für genaue Messungen ausreichende, Länge geben konnte. Unser Apparat ist 170 cm hoch. Demgegenüber haben die gedachten Schlauchapparate nach Feilitz, Pfaundler und anderen bereits für eine Atmosphäre Überdruck eine Höhe von 210 cm. Für 2 Atmosphären Überdruck werden es sogar Ungetüme von 280 cm Höhe. Man könnte einwenden, daß der beschriebene Apparat als solcher nicht vollständig sei, daß die Luftpumpe mit dazu gehörte und dies Ganze doch recht verwickelt erschiene. Demgegenüber ist zu bemerken, daß erstens eine Hahnenluftpumpe in jedem physikalischen Kabinett vorhanden sein muß, zweitens, daß zum Schlauchapparat auch noch zwei ausbalancierte Schlitten zum Höher- oder Niedrigerstellen der Schenkel gehören, weshalb ein solcher erheblich kostspieliger wird als der unsrige, einschließlich einer kleinen Hahnenluftpumpe.

Es dürfte wohl kaum einem Zweifel begegnen, daß der abgebildete und beschriebene Apparat in seiner Bauart und Wirkungsweise einfach, übersichtlich und leicht verständlich ist, daß seine Angaben von einem größeren Auditorium gut beobachtet werden können, daß seine Aufstellung, Bedienung und Instandhaltung so bequem wie nur möglich sind. Überdies kann die Art der Vorführung auch als elegant bezeichnet werden, da sich das Spiel der Indices scheinbar unabhängig von dem seitab stehenden Lehrer vollzieht, wogegen beim Schlauchapparat ein fortwährendes direktes Eingreifen des Experimentators erforderlich ist.

Anhangsweise sei hinzugefügt, daß obiger Apparat, so wie er ist, zu manchen anderen manometrischen Versuchen Verwendung finden kann, sei es für vermehrten oder verminderten Druck. Dahin gehört im besonderen die Bestätigung des Wärmeausdehnungsgesetzes für Gase. In ähnlicher Weise, wie es mit dem Schlauchmanometer nach dem Vorbilde des Jollyschen Luftthermometers geschehen kann, wird ein 100 ccm fassendes Glasgefäß mittelst kapillaren Schlauchs und Rohransatzes mit dem Ansatzrohr des Hahnes *B* an unserem Apparat verbunden. Den Quecksilberindex im Rohr *ML* hatte man zuvor auf einen bestimmten Strich, z. B. 20, gebracht. Wenn sich derselbe nun infolge einer Temperaturänderung des Luftgefäßes verschiebt, so wird er durch einen Gegendruck mittelst der Luftpumpe wieder an seinen alten Ort gebracht. Das Manometer zeigt dann die Größe des zugehörigen Druckes.

Zur Demonstration des Gay-Lussacschen Gesetzes in dieser oder ähnlicher Weise benutze ich nicht ein Wasser- oder Ölbad mit eingetauchtem Thermometer, sondern Gefäße mit Eis, siedendem Äther, siedendem Alkohol, siedendem Wasser. Nimmt man nun den ersten und letzten Punkt als Fundamentalpunkte 0 und 100, so entsprechen die beiden Zwischenpunkte genau den zugehörigen Siedepunkten 35° und 78°.

Soll auch der absolute Wert des Ausdehnungskoeffizienten bestimmt werden, so bedarf es außer der rechnerischen Korrektur wegen der Ausdehnung des Glases noch einer Korrektur wegen des „herausragenden Fadens“. Diese kann zu Beginn der Versuche ein für alle Male festgestellt werden, indem der Kapillarschlauch dicht vor dem Luftthermometergefäß zugeklemt und das Quecksilber im Manometer etwa um 20 cm hochgedrückt wird. Dabei zeigt es sich, wohin der Index lediglich infolge der Kompression des Luftfadens vorgetrieben wird. Auf die entsprechenden Punkte stellt man nachher bei den Hauptversuchen den Index ein¹⁾.

Die Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten.

Von

Dr. E. Grimsehl in Hamburg.

Der Begriff der Dielektrizitätskonstanten ist für das Verständnis der elektrischen Fernwirkung von so fundamentaler Bedeutung, daß man wohl nicht umhin kann, auch im Unterricht, vielleicht sogar auf der Unterstufe, die Schüler damit vertraut zu machen. Jedenfalls muß auf der Oberstufe der Begriff vollständig entwickelt werden. Nun reicht es aber nicht aus, denselben nur als einen Rechnungsfaktor einzuführen, mittels dessen man die Kapazität irgend eines Kondensators berechnet, sondern es ist unbedingt notwendig, daß der Schüler durch einen Versuch davon überzeugt wird, daß das Dielektrikum auf die elektrische Verteilung von Einfluß ist.

Durch die Ausführung der Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten mittels der Nernstschen Versuchsanordnung (*Zeitschr. f. physikal. Chemie XIV, S. 622, 1894*) wurde ich veranlaßt, einen Apparat zu konstruieren, der, im Prinzip dem Nernstschen Apparate nachgebildet, so vereinfacht wurde, daß er auch im Schulunterricht Verwendung finden kann. Nachdem ich den Apparat habe bauen lassen²⁾, habe ich nachträglich gesehen, daß ein dem konstruierten ähnlicher Apparat schon von Winkelmann (*Wied. Ann. Bd. 38, S. 161, 1889*) mit Erfolg für genaue Bestimmung der in Frage kommenden Größe benutzt ist. Der von Winkelmann benutzte Apparat verfolgt aber den Zweck, wissenschaftlich genaue Messungen zu machen, während der meinige ein Schulapparat, demnach wesentlich einfacher und naturgemäß bedeutend billiger aufgebaut ist. Außerdem unterscheidet sich die Versuchsanordnung von der Winkelmannschen durch eine besondere Schaltung, die der Nernstschen Versuchsanordnung entnommen ist. Hierdurch werden die Fehlerquellen, auf die Cohn (*Wied. Ann. Bd. 46, S. 135, 1892*) aufmerksam gemacht hat, vermieden.

Prinzip des Apparates.

Drei gleich große kreisförmige Kondensatorplatten P_1 , Q , P_2 (Fig. 1) sind isoliert parallel nebeneinander aufgestellt und zwar so, daß Q genau in der Mitte zwischen P_1 und P_2 steht. Verbindet man Q mit einer Elektrizitätsquelle, durch welche die Platte auf ein bestimmtes Potential V geladen wird, so werden durch Influenz auf den Platten P_1 und P_2 die Potentiale W_1 und W_2 erzeugt. Letztere sind gleich, wenn das zwischen Q und P_1 bzw. zwischen Q und P_2 befindliche Dielektrikum (z. B. Luft) von derselben Art und von derselben Dicke ist. Verschiebt man aber eine der Platten P parallel zu sich selbst, so wird das auf derselben erzeugte Potential von dem auf der unveränderten Platte hervorgerufenen abweichen. Wenn man nun die beiden Platten P unter Zwischenschaltung eines Apparates T leitend mit einander verbindet,

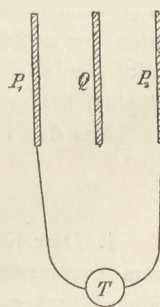


Fig. 1.

¹⁾ Herr Max Kohl in Chemnitz hat die Herstellung des Apparates übernommen.

²⁾ Der Apparat ist von dem Universitätsmechanikus W. Apel (Inhaber Dr. Max Apel) in Göttingen gebaut.

so wird in der Verbindungsleitung und durch den Apparat T ein Potentialausgleich stattfinden, es wird also ein Stromstoß durch T gehen, der hier in passender Weise wahrnehmbar gemacht werden kann.

Verbindet man Q mit einer Elektrizitätsquelle, die ein rasch wechselndes Potential erzeugt, so wird auch das Potential auf den Platten P rasch wechseln. Bei vollständig symmetrischer Anordnung aber wird in jedem Augenblick das Potential W auf beiden Platten einander gleich sein, daher kein Strom durch T fließen, während bei unsymmetrischer Anordnung der Platten, also wenn die Abstände $P_1 Q$ und $P_2 Q$ ungleich sind, auch die in jedem Augenblicke auf den Platten P induzierten Potentiale von einander verschieden sind. Hieraus ergibt sich, daß dann Ströme wechselnder Stärke und Richtung den Apparat T durchfließen.

Eine unsymmetrische Anordnung wird auch dadurch hervorgerufen, daß man bei gleichen Plattenabständen $P_1 Q = P_2 Q$ zwischen die Platten P_1 und Q oder P_2 und Q ein anderes Dielektrikum, also z. B. eine Glasplatte bringt. Wenn jetzt bei wechselndem Potential auf Q durch den Apparat T wechselnde Ströme fließen, so ist dadurch der Nachweis geliefert, daß die Influenzwirkung von Q auf die Platten P außer von der Dicke des Dielektrikums auch von der Art desselben abhängt. Ist es möglich, bei einseitiger Glasplatte durch Verschiebung einer der Platten P die in T auftretenden Wechselströme wieder zum Verschwinden zu bringen, so läßt sich ausmessen, wie das Dickenverhältnis der Glasplatte und der sie ersetzenden Luftschicht sein muß, um gleiche influenzierende Wirkungen hervorzurufen.

Als Elektrizitätsquelle mit rasch wechselndem Potential steht uns der Induktionsapparat zur Verfügung. Als Apparat zum Nachweis von rasch wechselnden Strömen können wir das Telephon verwenden. Hierbei tritt eine Eigentümlichkeit auf, die mir zuerst unerklärlich war, deren Erklärung aber nachträglich ganz einfach erscheint. Wenn man nämlich als Apparat T ein Telephon mit nur einem wirksamen Magnetpol verwendet, so tönt das Telephon auch bei gleichem Abstände der Platten P von Q , während in diesem Falle in einem zweipoligen Telephon kein Ton zu hören ist. Die Erklärung glaube ich darin suchen zu müssen, daß bei einem einpoligen Telephon natürlich die eine Platte mit den inneren, die andere mit den äußeren Windungen der Elektromagnetspule verbunden ist, wodurch bewirkt wird, daß der symmetrische Aufbau der ganzen Versuchsanordnung gestört ist. Es wird dann auf der Elektromagnetspule des Telephons keinen Punkt geben, der gewissermaßen gleichzeitig Mittelpunkt der elektromagnetischen Wirkung auf die Telephonmembran ist, und von dem aus gerechnet nach beiden Seiten hin Widerstand, Kapazität und Selbstinduktion gleich groß sind, sodaß also stets ein gewisser Restbestand des Stromes eine elektromagnetische Wirkung auf die Telephonmembran ausübt. Bei zweipoligen Telephonen aber ist bei gleicher Anordnung und Windungszahl der beiden Elektromagnetspulen der zwischen den Spulen liegende Verbindungspunkt derselben gleichzeitig Symmetriepunkt für alle in Frage kommenden elektrischen Größen, daher schweigt das zweipolige Telephon bei symmetrischer Anordnung der Platten P zu Q vollständig.

Aus den angegebenen Überlegungen folgt die

Konstruktion des Apparates.

1. Der Kondensator (Fig. 2). Auf einem 12×16 cm großen Grundbrette sind in einem gegenseitigen Abstände von 5 cm drei kräftige Glassäulen befestigt. Die mittlere Glassäule trägt eine feste kreisförmige Messingplatte von 8 cm Durchmesser; die beiden äußeren Glassäulen tragen an ihrem oberen Ende je eine zylindrische Führung für zwei Messingstangen, welche an dem nach außen liegenden Ende mit Hartgummigriffen versehen sind. Auf den einander zugewandten Enden der Messingstangen sitzen zentral befestigt kreisförmige Messingplatten, welche gerade so groß sind, wie die auf der mittleren Glassäule befestigte Platte. Die Messingstangen selbst sind mit einer Einteilung in halbe Millimeter versehen; die Führung hat eine Nullmarke, man kann also die Verschiebung der äußeren Kondensatorplatten an der Verschiebung der Messingstange gegenüber der an der

Hülse befindlichen Nullmarke ablesen. Die auf den äußeren Glassäulen sitzenden Führungen sind außerdem noch mit doppelten Verbindungsklemmen versehen, durch die eine Verbindung einerseits mit dem Induktor, andererseits mit dem Telephon hergestellt werden kann. Die die mittlere Messingplatte tragende Fassung steht durch einen Draht mit einer durch eine Hartgummiunterlage vom Grundbrette gut isolierten Klemme in leitender Verbindung. Außerdem trägt die mittlere Fassung noch zwei seitliche Arme, durch die kleine Hartgummistäbchen hindurchgesteckt sind, die als Träger für solche Platten dienen, welche man zwischen die Kondensatorplatten bringen will.

2. Induktor. Als Induktor eignet sich jeder beliebige kleine Induktionsapparat, wie er für geringes Geld käuflich als sogenannter Elektrisierapparat im Handel zu haben ist. Da diese Apparate aber ein ziemlich lautes summendes Geräusch verursachen, so muß man sie im Nebenzimmer aufstellen, oder in eine Zigarrenkiste mit Watte verpacken, wenn man durch ihren Eigenton nicht beim Beobachten des ganz ähnlich klingenden Telephontones gestört werden will. Fast gänzlich tonlos arbeitet der beim Nernstschen Apparat verwandte Induktor mit Saitenunterbrecher, welcher ebenfalls von der Firma Apel in Göttingen gebaut wird. Man kann diesen Apparat unmittelbar neben sich auf demselben Tische, vor dem man arbeitet, stehen haben, ohne im geringsten durch den Ton gestört zu werden. Der Nernstsche Induktor hat außerdem gleich einen Verzweigungswiderstand, den man sonst besonders braucht, wenn man einen gewöhnlichen Induktor verwendet.

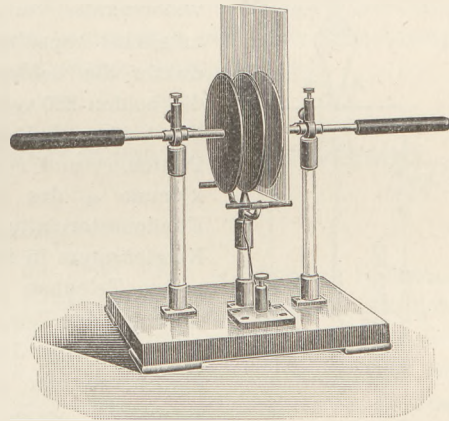


Fig. 2.

3. Der Verzweigungswiderstand. Bei dem oben auseinandergesetzten Prinzip der Versuchsanordnung (Fig. 1) wurde die Platte Q mit dem einen Pol des Induktionsapparates verbunden; von dem anderen Pol war nicht die Rede. Winkelmann (a. a. O.) verbindet den zweiten Pol des Induktors mit der Erde oder läßt ihn auch ganz frei in der Luft endigen. Nernst verbindet den zweiten Pol durch eine Verzweigung mit den Platten zweier Kondensatoren. Letztere Anordnung habe ich im wesentlichen auch benutzt, indem der zweite Pol des Induktors mit den beiden Platten P leitend verbunden wird. Würde man aber einfach einen verzweigten widerstandslosen Draht zur Verbindung der Platten P mit dem zweiten Pol des Induktors verwenden, so würde sich auch jede Potentialdifferenz, die auf den Platten P_1 und P_2 entsteht, hauptsächlich auf diesem Drahte ausgleichen, und nur ein unmerklich kleiner Teil des Stromes würde durch den Apparat T (das Telephon) gehen; deshalb muß man die Verzweigung, die vom zweiten Pol des Induktors ausgeht, durch einen hinreichend großen Widerstand vornehmen. Nernst verwendet als Verzweigungswiderstand zwei Flüssigkeitssäulen (Mannit und Borsäure in Wasser gelöst), die unmittelbar neben seinem Induktor mit Saitenunterbrecher auf demselben Brett montiert sind, eine sehr bequeme Anordnung. Mit Erfolg habe ich auch zwei 220 voltige Glühlampen benutzt, deren Fassungen nebeneinander auf einem Grundbrette montiert sind. Der eine Pol der beiden Fassungen ist mit einer gemeinsamen zwischen den Lampen befindlichen Klemme verbunden, die anderen Pole endigen in getrennten, seitlich auf dem Brett befestigten Klemmen (siehe Fig. 3).

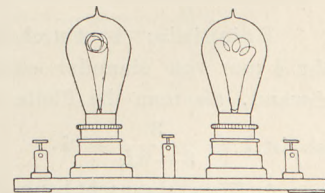


Fig. 3.

4. Das Telephon. Als Telephon habe ich sowohl das von Nernst benutzte Mix und Genetsche Dosentelephon, sowie auch ein im praktischen Gebrauch bei Fernsprechanlagen früher verwandtes Siemensches Telephon mit langem Hufeisenmagnet mit dem-

selben Erfolge benutzt. Ich erwähne nochmals, daß nach meinen Erfahrungen das Telephon zweipolig sein muß. Ferner füge ich hinzu, daß man das Telephon nur dann unmittelbar mit der Hand anfassen darf, wenn es keine metallische Hülle hat. Bei metallischer Hülle muß man es mit einer isolierenden Handhabe, z. B. einer Holzklammer, versehen. Bei dem Nernstschen Apparate ist das Mix und Genestsche Telephon in eine als Handhabe dienende Holzkapsel eingesetzt.

Versuchsordnung:

Die Fig. 4 zeigt die Versuchsanordnung schematisch.

Hierin bedeutet E ein kleines Element, das zum Betriebe des Induktors J dient, es ist also mit den Primärklemmen p_1 und p_2 des Induktors verbunden. Die Sekundärklemme s_1 des Induktors ist mit der Mittelklemme des Verzweigungswiderstandes verbunden, deren einzelne gleiche induktionsfreie und möglichst kapazitätsfreie Einzelwiderstände (bei dem Nernstschen Induktor die beiden Flüssigkeitssäulen, bei der Lampenverzweigung die beiden 220 voltigen Glühlampen) durch R_1 und R_2 dargestellt sind. Die beiden Endklemmen des Verzweigungswiderstandes sind mit den Platten P_1 und P_2 des Kondensators verbunden. Die zweite Sekundärklemme s_2 des Induktors steht in Verbindung mit der mittleren Kondensatorplatte Q . Endlich stehen die Außenplatten P_1 und P_2 des Kondensators in leitender Verbindung mit einander durch das zweipolige Telephon T . Bei Gleichheit der Abstände von $P_1 Q$ und $P_2 Q$ schweigt das Telephon. Bringt man zwischen P_1 und Q oder zwischen P_2 und Q eine Glasplatte D oder eine Hartgummiplatte (siehe auch Fig. 2), so tönt das Telephon. Das Telephon kommt wieder zum Schweigen, wenn man die Platte P_2 in die punktiert gezeichnete Stellung verschiebt.

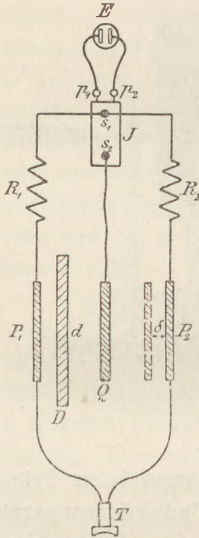


Fig. 4.

Berechnung.

Die Dicke der Platte D sei d , die Platte P_2 werde um die Strecke δ verschoben, um wieder Schweigen des Telefons zu erzeugen.

Durch die Platte D wird eine Luftschicht mit der Dielektrizitätskonstanten 1 von der Dicke d ausgeschaltet und durch eine Glasplatte mit der Dielektrizitätskonstanten k von der Dicke d ersetzt. Es ist also an die Stelle der dielektrischen Schicht d die dielektrische Schicht $\frac{d}{k}$ getreten, dieselbe hat sich also geändert um $d - \frac{d}{k}$. Auf der anderen Seite beträgt die durch Verschiebung δ der Platte P_2 erzeugte dielektrische Änderung δ , folglich muß sein

$$d - \frac{d}{k} = \delta,$$

also ist

$$k = \frac{d}{d - \delta}.$$

Beispiele: 1. Durch Einschieben einer 3 mm dicken Glasplatte zwischen die ungefähr 4 mm von einander entfernten Platten P_1 und Q entstand ein Ton, der wieder verschwand, als man die Platte P_2 um 2,5 mm vorschob. Es war also $d = 3$ mm, $\delta = 2,5$ mm, also ist $k = \frac{3}{3 - 2,5} = 6$.

2. Eine eingeschobene 2 mm dicke Hartgummiplatte erzeugte einen Ton, der durch die Verschiebung der Platte P_2 um 1,2 mm verschwand. Es war also $d = 2$, $\delta = 1,2$, folglich $k = \frac{2}{2 - 1,2} = 2,5$.

Durch abwechselndes Einschieben der Platte D zwischen $P_1 Q$ oder $P_2 Q$ läßt sich der Grad der Genauigkeit des Resultats noch erhöhen. Ebenfalls würde man bei genauerer

Einrichtung für die Messung der Plattenverschiebung genauere Resultate erhalten. Hierdurch verliert aber der Apparat an Einfachheit und Übersichtlichkeit, deshalb ziehe ich für Schulzwecke die ungenaueren angenäherten Resultate vor, anstatt den Apparat durch besonderes Beiwerk zu komplizieren, denn der Apparat soll in erster Linie ein Unterrichts- und Demonstrationsapparat sein.

Aus demselben Grunde habe ich auch davon abgesehen, zum Nachweis der Wechselströme ein Elektrodynamometer oder ein Vibrations-Galvanometer zu benutzen, da diese Apparate wohl selten in den Schulsammlungen zu finden sein werden. Zwar ist die Beobachtung mit dem Telephon nur subjektiv ausführbar, erfordert aber, wenn man nur den Einfluß des Dielektrikums qualitativ nachweisen will, so kurze Zeit, daß man auch in einer großen Klasse damit in wenigen Minuten fertig wird, wenn man die Schüler einzeln an den Apparat herantreten läßt, oder wenn man das mit dem Apparat durch eine längere Leitungsschnur verbundene Telephon in den Reihen der Schüler herumgehen läßt. Für quantitative Messungen eignen sich besonders die praktischen physikalischen Schülerübungen.

Der Potentialabfall längs eines stromdurchflossenen Leiterdrahts.

Von

Dr. F. Bohnert, Hamburg.

Der Potentialabfall in einer Schnur, welche die Pole einer arbeitenden Influenzmaschine verbindet und die in passender Weise durch Fußklemmen ausgespannt ist, läßt sich leicht durch Elektroskope, die man an verschiedenen Stellen der Schnur anlegt, demonstrieren. Der Abfall des Potentials in einem von galvanischem Strom durchflossenen Leiterdraht ist nicht so leicht mit den Mitteln der Elektrostatik zu zeigen, weil die Klemmspannung an den Enden des Drahts gering ist im Vergleich zu der an den Polen der Influenzmaschine und weil das Elektrometer nicht empfindlich genug ist, Bruchteile dieser Klemmspannung zu zeigen. Ich habe mit Versuchen, die ich gemeinsam mit Herrn Dr. J. Schröder in der Oberrealschule vor dem Holstentore in Hamburg angestellt habe, bei folgender Anordnung gute Resultate erzielt.

An die eine Schmalseite des Experimentiertisches wird (s. Fig. 1) das Weinhold'sche Rahmengestell (R) gesetzt und sein Fußbrett kräftig beschwert. (Die längere Kante desselben steht der Schmalseite des Tisches parallel.) Die obere Querleiste des Rahmens trägt

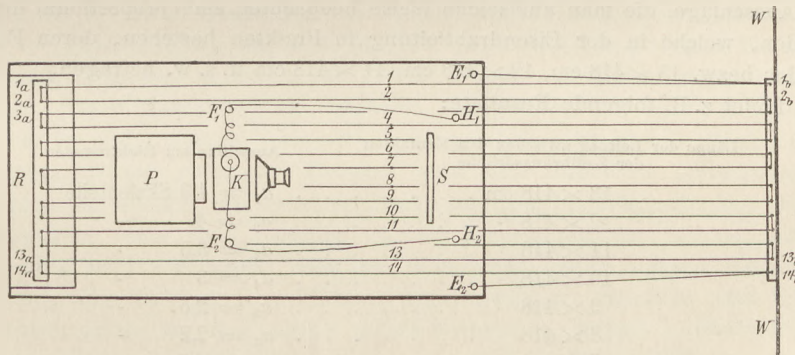


Fig. 1.

14 Haken (1a bis 14a), die in je 6 cm Abstand von einander in gleicher Höhe befestigt sind. An der gegenüberliegenden Zimmerwand (W) sind auf einer Leiste in derselben Höhe ebenfalls 14 Haken (1b bis 14b) in gleichem Abstand von einander befestigt. Ein dünner Eisendraht (Blumendraht), der pro Meter Länge ungefähr 3 Ohm Widerstand besitzt, führt vom Haken 1b nach 1a, von dort nach 2a, 2b, 3b, 3a, 4a u. s. w. und endigt in 14b. Der ganze Linienzug schwebt demnach etwa 1,20 m über dem Experimentiertisch; die

Drahtlänge von einem Häkchen zum gegenüberliegenden beträgt 418 cm, der ganze Draht ist $14 \times 418 \text{ cm} = 58,52 \text{ m}$ lang und stellt einen Widerstand von rund 175 Ohm dar; die einzelnen Abschnitte von 418 cm Länge liegen parallel zur längeren Kante des Experimentiertisches über demselben. Von den Kabelenden der städtischen Stromzuführung (E_1 und E_2), an denen die Klemmspannung gegen 220 Volt beträgt, gehen Drähte zu den Enden 1b und 14b des Eisendrahts und führen ihm einen Strom von etwas mehr als 1 Ampère zu, der den Eisendraht nur mäßig erwärmt.

Auf dem Experimentiertisch, unter dem Linienzuge des ausgespannten Eisendrahts steht vor der mit Auerlicht betriebenen Projektionslampe (P) ein nach Ladungsmengen geeichtes Kolbesches Elektrometer (K); vor dem Projektionskopf, 80 cm von demselben entfernt, auf dem Tische ein kleiner quadratischer Papierschirm (S) von 35 cm Kante, auf welchem das Skioptikon im mäßig verdunkelten Zimmer ein deutliches Bild des Elektrometerblättchens und der 5 ersten Teile seiner Skala entwirft. Auf das Elektrometer ist eine Kollektorplatte aus Messing von etwa 8 cm Durchmesser geschraubt. Dieselbe ist von der zugehörigen ebensogroßen Kondensatorplatte durch ein Blatt feines, mit Paraffin getränktes Schreibpapier isoliert. Sowohl von der Kollektorplatte, wie von der Kondensatorplatte führt ein feiner Draht zunächst zu je einer isolierten Fußklemme (F) und von dort je in etwa 120 cm Länge in loser Spannung zu einem leichten isolierenden Handgriff (H) (Hartgummifederhalter), der lose in einem Stativ (Bunsenbrennerröhre) steckt. Diese Zuführungsdrähte endigen an diesen Handgriffen in blanken Haken von Kupferdraht von etwa $\frac{1}{2}$ mm Dicke. Das Elektrometergehäuse ist durch eine Kette zur Gasleitung hin abgeleitet.

Die Mitten der einzelnen Züge des Eisendrahtes mögen der Reihe nach mit 1, 2, 3, . . . 14 bezeichnet werden. Der Verlauf des Versuchs ist folgender: Man faßt die Handgriffe und hängt mit ihrer Hilfe die Zuführungsdrähte der beiden Kondensatorplatten an die Stellen 1 und 14, schaltet den Strom in die Leitung, hakt mit Hilfe der Handgriffe die Zuführungsdrähte wieder von der Leitung ab und setzt die Handgriffe, ohne die Zuführungsdrähte ableitend zu berühren, wieder in ihre Stative. Dann hebt man die Kondensatorplatte am isolierenden Glasgriff vom Kollektor ab und beobachtet den sich zeigenden Ausschlag a_1 des Elektrometers. Dann wird die Kondensatorplatte an ihren Platz auf dem Kollektor zurückgeführt, und Kollektor und Kondensator werden durch gleichzeitige Berührung mit zwei Fingern gegeneinander entladen. — Der Versuch wird wiederholt, indem man die Haken der Reihe nach auf die Stellen 2 und 14, 3 und 14 u. s. w. setzt und die zugehörigen Ausschläge a_2, a_3 u. s. w. des Elektrometers beobachtet.

Die Ausschläge, die man auf solche Weise beobachtet, sind proportional den Potentialunterschieden, welche in der Eisendrahtleitung in Punkten bestehen, deren Entfernungen von einander bzw. $13 \times 418 \text{ cm}$, $12 \times 418 \text{ cm}$, $11 \times 418 \text{ cm}$ u. s. w. betragen.

Man findet z. B. folgende Resultate:

Länge der Leitung zwischen den Kontakten der Zuführungsdrähte	Ausschlag am Elektrometer
$13 \times 418 \text{ cm}$	$a_1 = 4,3$ Skalenteile
12×418 -	$a_2 = 4$ -
11×418 -	$a_3 = 3,5$ -
10×418 -	$a_4 = 3$ -
9×418 -	$a_5 = 2,5$ -
8×418 -	$a_6 = 2,2$ -
7×418 -	$a_7 = 1,7$ -
6×418 -	$a_8 = 1,2$ -
5×418 -	$a_9 = 0,7$ -

Eine Ausdehnung der Beobachtung auf kürzere Leitungsstrecken erweist sich untunlich; augenscheinlich werden dann unkontrollierbare Reibungseinflüsse in der Aufhängung des Elektrometerblättchens merklich, welche die Resultate verderben. Es mag auch sein, daß die Kontaktwiderstände an den Zuführungsstellen der Elektrometerdrähte bei gering werdender Potentialdifferenz der Kontaktstellen anfangen, eine Rolle zu spielen. Es wird aber

durch den Versuch mit einer für die Schule ausreichenden Genauigkeit erwiesen, daß längs einer Strecke von $(13-5) \cdot 418 \text{ cm} = \text{rund } 33,5 \text{ m}$ ein Potentialabfall in der Leitung stattfindet, der auf je 418 cm im Mittel 0,45 Skalenteilen Ausschlag des Elektrometers entspricht und der proportional den eingeschalteten Längen (bezw. Widerständen) zwischen den Zuführungsstellen der Elektrometerdrähte ist.

Zwischen den Punkten 7a und 8a (Fig. 2) kann die Drahtleitung durch Lösen einer Klemmschraube K unterbrochen werden. Dann führen von den Punkten 7a und 8a zwei herabhängende Drahtenden zu zwei Fußklemmen (A_1 und A_2), von denen Kupferdrähte zu zwei plattenförmigen Kohleelektroden (C_1 und C_2) von $(8 \times 4) \text{ qcm}$ Fläche führen, die in einen kleinen, mit Leitungswasser gefüllten Trog (T) tauchen. Löst man die Klemmschraube K , schaltet man also in die Drahtleitung den Flüssigkeitswiderstand ein, der durch die Flüssigkeit zwischen den Kohleplatten dargestellt wird, und beobachtet man jetzt den Elektrometerausschlag a_1' , der entsteht, wenn die Elektrometerdrähte an die Stellen 1 und 14 der Leitung gehängt werden, so findet man $a_1' = 5-6$ Skalenteilen, also bedeutend größer, als vorher a_1 . Man erhält eine qualitative Bestätigung des Satzes, daß die Potentialdifferenz zwischen zwei Stellen der Leitung mit der Größe des eingeschalteten Widerstandes zwischen diesen Stellen wächst und gleichzeitig eine anschauliche Vorstellung von dem geringen Leitvermögen der Flüssigkeiten. — Man kann auch, durch Zusatz von Säure, qualitativ zeigen, wie sich dieses Leitvermögen mit der Konzentration der Flüssigkeit ändert.

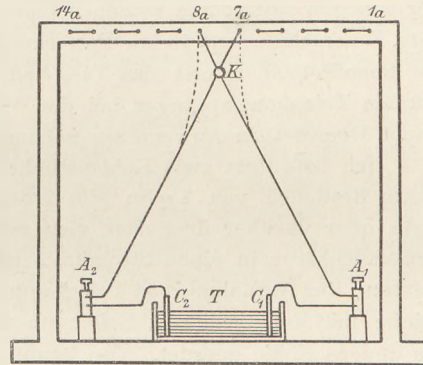


Fig. 2.

Es bleibt übrig, zu zeigen, wie mit einer durch eine Querschnittsänderung bedingten Verminderung des Widerstandes zwischen zwei Punkten der Leitung die Potentialdifferenz zwischen diesen Punkten abnimmt. Die Flüssigkeitwanne wird wieder ausgeschaltet durch Anziehen der Klemmschraube K . Die Elektrometerdrähte werden an die Punkte 6 und 14 gehängt, die zugehörige Potentialdifferenz a_6 wird wieder wie vorher äquivalent mit 2,2 Skalenteilen Ausschlag bestimmt. Die Länge des zwischen Punkt 6 und Punkt 14 eingeschalteten Eisendrahts beträgt $8 \times 418 \text{ cm}$. Ein ebenso langes Drahtende von derselben Sorte Eisendraht ist in 10 Windungen um einen großen Rahmen von 1,50 m Seitenkante (es wurde der große Projektionsschirm für die elektrische Lampe dazu benutzt) herumgewunden und endigt frei in Enden von 1,75 m Länge. Die Enden tragen blanke Kupferdrahthäkchen. Diese Enden werden, nachdem der Schirm, der überdies in seinem Fußstativ drehbar ist, auf passende Entfernung herangeschoben ist, auf die Punkte 6 und 14 der ursprünglichen Leitung gehängt. Dadurch wird dem einfachen Leitungszug zwischen diesen Punkten ein zweiter, von derselben Länge und gleicher Beschaffenheit wie der erste, parallel geschaltet, oder, was dasselbe ist, der Querschnitt der Leitung zwischen den Punkten 6 und 14 wird verdoppelt, oder der Widerstand dieser Leitung wird durch Querschnittsverdoppelung halbiert. Der Elektrometerausschlag a_6' , den man jetzt beim Anlegen der Elektrometerdrähte an die Punkte 6 und 14 beobachtet, beträgt 1,1 Skalenteile. Mit der Halbierung des eingeschalteten Widerstandes sinkt also die Potentialdifferenz an den Enden des betrachteten Leiterstücks auf die Hälfte.

Die Versuche gelingen sicher und sind sehr anschaulich. Die geringe Dicke des Eisendrahts macht eine gewisse Vorsicht in seiner Behandlung nötig, dieselbe macht aber keine Schwierigkeit, wenn man die anzuhängenden Handgriffe leicht genug wählt. Der Kontakt des Eisendrahts mit den Elektrometerdrähten und den Enden des erwähnten, parallel zu schaltenden Widerstandes wird durch einfaches Anhängen der an ihren Enden befestigten Häkchen mit hinreichender Sicherheit bewirkt.

Kleine Mitteilungen.

Einfache Apparate für Funktelegraphie.

Von Dr. I. Bleekrode im Haag.

Im IV. Heft d. Jahrgangs sind (S. 222 u. 229) einige einfache Vorrichtungen angegeben, die auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie und elektrischen Wellen Interessantes zu erreichen gestatten. Dieses veranlaßt mich, auch meine Erfahrungen in jener Hinsicht hier zu veröffentlichen, umso mehr, als ich Gelegenheit hatte, mit denkbar einfachsten Anordnungen eine wirkliche Installation für Funktelegraphie herzustellen, welche, im Auftrage der hiesigen Regierung, zwischen einer Station an der Meeresküste (Hoek von Holland) und dem Feuerschiffe auf 16 km Entfernung nach Popoffs System eingerichtet ist. Bekanntlich hat Popoff (1900) zuerst das Telephon bei der Funktelegraphie eingeführt, und es sind seitdem Telephonempfänger bei den verschiedenen Systemen (Slaby-Arco, Braun-Siemens, Popoff-Ducretet) in Anwendung gekommen.

Ich befestigte zwei Kohlenstücke (aus einer Bogenlampe) in paralleler Lage auf einem Brettchen von 1 qdm (die Länge der Kohlen betrug etwa 5 cm, die Dicke 6 mm), legte quer darüber drei oder vier gewöhnliche Nähnadeln und brachte diesen höchst einfachen Kohärer in einen Stromkreis mit einem Telephon und ein Paar kleinen Trockenelementen. Zur Aufnahme von Telegrammen vom Feuerschiff wurde schließlich eines der Kohlenstücke mit dem isolierten Leiter am üblichen hohen Mast (von 40 Meter Höhe) verbunden, die andere Kohle geerdet. Nun konnte man im Telephon sehr deutlich die Telegramme mit dem Gehör aufnehmen (wie beim Sounder-Apparat bei der gewöhnlichen Drahttelegraphie), indem die kürzer oder länger anhaltenden Funken des Induktoriums auf dem am Schiffe entsprechende aber scharf von einander getrennte Geräusche im Telephon hervorriefen; man konnte sogar das eigentümliche Geräusch, welches das Abbrechen der Funken in der Flüssigkeit begleitet, unterscheiden. Ein jeder kann diese sehr einfache aber hochempfindliche Vorrichtung mit allem Zubehör in der Tasche bei sich führen, und sofort in der Nähe eines Installationspostens für drahtlose Telegraphie in Wirkung setzen, indem er einen Leiter an irgend einem hohen Aufhängepunkt isoliert befestigt und mit der einen Kohle in Kontakt bringt; eine Erdleitung für die andere Kohle findet sich ja immer vor.

Dieselbe Vorrichtung läßt sich nun zu Demonstrationsversuchen der drahtlosen Telegraphie benutzen und sich zusammensetzen aus Apparaten, die in jeder Sammlung, selbst bei sparsam dotierten Schulen, vorhanden sind, ja manchem Schüler zugänglich sein werden.

Als Funkengeber und Erreger der Schwingungen reicht ein Induktorium von 1 cm Funkenlänge aus, wenn man durch zwei Zimmer, etwa auf eine Entfernung von 15 m telegraphieren will. Es wird in einen Stromkreis mit einer kleinen Leydener Flasche und mit dem Morse-Stromschlüssel eingeschaltet, oder man arbeitet nötigenfalls mit dem Stromunterbrecher des Induktoriums. Der eine seiner Pole trägt einen vertikalen Kupferdraht von ca. 40 cm Länge, der andere ist zur Erde abgeleitet; ein Funken von einigen mm genügt bei schneller Stromunterbrechung.

Es wird nun im Nebenzimmer oder weiter entfernt der bereits beschriebene Telephonapparat aufgestellt, der sofort arbeitsfähig ist, wenn die eine der Kohlen Erdverbindung hat und die andere mit einem vertikalen Kupferdraht von etwa 40 cm Länge versehen wird. Man kann für die Erdverbindung die Gasleitung wählen, aber selbstverständlich nicht für den Empfänger und Funkengeber zur gleichen Zeit, da man dann Kurzschluß hätte; man nimmt für den anderen Apparat die Wasserleitung. Wenn die Zimmer neben einander liegen, oder wenn man in dem nämlichen Lokal arbeitet, braucht man nicht einmal die Erdleitung und Kupferdrähte.

Es muß natürlich ein jeder das Telephon für sich ans Ohr halten, und in diesem Falle ist der Empfänger autodekohärierend. Es ist daher interessant, daß, wenn das Telephon durch ein Demonstrationsgalvanometer ersetzt wird und durch leichtes Klopfen in der

Nähe des Brettchens der Zeiger eine gewisse Ablenkung aus der Nulllage angenommen hat, also das Instrument unter Strom steht, bei jedem Funken die Ablenkung zunimmt, aber der Zeiger nicht aus sich selbst zurückkehrt. Dies geschieht erst nach leisem Klopfen und man erläutert auf diese Art das gewöhnliche Verhalten des Kohärrers. Es macht also für die Wirkung des Kohärrers einen Unterschied, ob man Selbstinduktion im Stromkreise hat oder nicht.

Man kann noch andere Beobachtungen machen; so z. B. fand ich, wenn statt Stahl-nadeln ein dünner Kohlenstift zum Überbrücken der Kohlen diente, daß öfters der Induktionsfunke eine Vergrößerung des Widerstandes im Kohärer statt einer Verringerung hervorrief; auch bei Platindrähten zeigte sich dieses anormale Verhalten, es kann aber auch die gewöhnliche Vergrößerung des Widerstandes sich einstellen.

Während eines Gewitters ist der Apparat empfindlich genug, daß der Zeiger des Galvanometers in unruhiger Bewegung erhalten wird, namentlich wenn Blitze sich in der Nähe ausbilden.

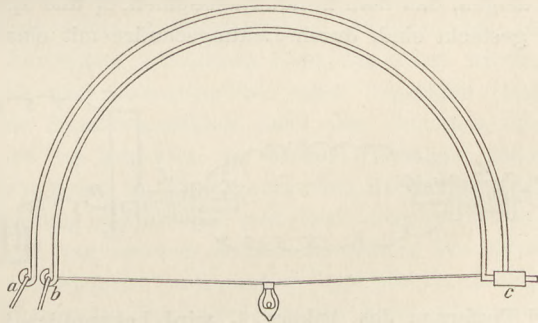
Wie auch Herr Schreiber angibt, fand ich, daß ein Gewicht von 5 kg auf einer Glasplatte über die quer gelegten Drähte gebracht, die Wirkung im Telephon nicht aufhob, auch nicht am Galvanometer. Es wird verständlich sein, daß dieser Empfangsapparat für elektrische Wellen auch ein ausgezeichnetes Mikrophon von größter Empfindlichkeit darstellt, indem z. B. eine Uhr, in der Entfernung von einem halben Meter von dem Brettchen auf den Tisch gelegt, doch im Telephon sein Klopfen vernehmbar werden läßt. Eine kleine Belastung auf die Nähnadeln ausgeübt, hebt jedoch die Mikrophonwirkung auf, wie ja zu erwarten war. Es ist dies immerhin ein für Schüler interessanter Versuch, um den Unterschied zwischen der Wirkung akustischer und elektrischer Wellen zu zeigen.

Ein Impedanzversuch.

Von **P. H. Eykman**, dirig. Arzt der psychiatrischen Anstalt zu Scheveningen.

Vor zwei Jahren demonstrierte ich in einem Vortrag ein modifiziertes Impedanzexperiment. Da ich glaube, daß dasselbe bis jetzt noch nicht publiziert ist und es sich durch Eleganz auszeichnet, so will ich hier die Beschreibung geben.

Beim gewöhnlichen Impedanzversuch benutzt man bekanntlich einen Halbkreis von starkem Kupferdraht und als Nebenschluß eine kleine Glühlampe. Schließt man den hochfrequenten Hochspannungswechselstrom an, so gibt der Strom der Lampe den Vorzug und bringt diese zum Glühen. Leitet man den Strom aber noch durch einen zweiten halbkreisförmigen Draht von gleicher Dicke, der mit dem ersten parallel geht, wie die Figur es zeigt, so hat der Strom in beiden Drähten entgegengesetzte Richtung und die Selbstinduktion, die Ursache der Impedanzerscheinung, tritt nicht auf; daher fließt der Strom nun durch beide Kupferdrähte unter Umgehung der Glühlampe, die in diesem Falle nicht aufleuchtet. In der Figur bedeuten *a* und *b* die Stromanschlüsse.

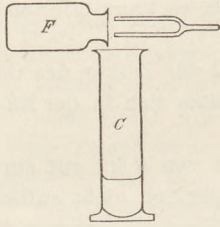


Versieht man den Vereinigungspunkt der Drähte mit einem Gelenk *c*, sodaß man die Ebenen der beiden Drähte senkrecht aufeinander stellen kann, so leuchtet die Lampe jedesmal auf, sobald die Drähte diese Stellung eingenommen haben. Stellt man sie wieder parallel, so erlischt die Lampe sogleich.

Versuche mit einfachen Mitteln*).

1. H. Rebenstorff in Dresden: Einfache Versuche über Interferenz von Tonschwingungen.

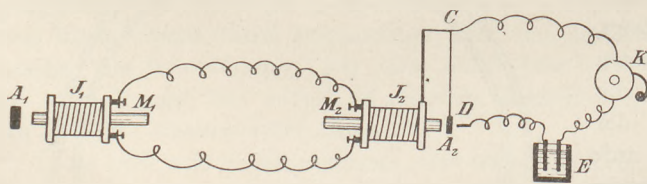
Der Standzylinder C (s. Figur) ist mit Wasser auf den Ton einer Stimmgabel abgestimmt. Hält man ein zweites Resonanzgefäß F darüber, sodaß die beiden Mündungen einander nahe sind, und bringt hierauf die Zinken der angeschlagenen Stimmgabel in die aus der Figur ersichtliche Stellung, so ist der Ton sehr schwach und kann durch Verschieben von F leicht unhörbar gemacht werden. Fortnehmen des einen der Resonanzgefäße läßt den Ton natürlich wieder hervortreten. Der Schüler wird selbst zur Erklärung angeben können, daß während z. B. beim Herabschwingen der unteren Gabelzinke in C eine Luftverdichtung eindringt, das Auseinanderschwingen der beiden Zinken vor F eine Verdünnung entstehen läßt. Da man den drei Gegenständen verschiedene Stellungen zueinander geben kann, in denen die stehenden Wellen bald gleiche, bald entgegengesetzte Phasen haben, so kann man mehrmals einer Deduktion der zu erwartenden Erscheinung den Versuch folgen lassen. Weniger einfach ist es, zu erklären, warum die Resonanz beider Luftsäulen bei gleichen Phasen den Ton nicht lauter macht, als er infolge Resonanz einer einzigen Luftsäule erscheint.



Ohne weiteres geeignete Resonanzgefäße, wie das weithalsige Fläschchen F , findet man, wenn man mit einigen Stimmgabeln ein Flaschenlager durchprobiert. Etwas zu tiefe Gefäße stimmt man dauernd richtig durch Eingießen von geschmolzenem Wachs oder dergl. nach gelindem Anwärmen des Glases. Die erforderliche Höhe der Bodenschicht muß natürlich vorher mittelst Wasser festgestellt sein. An Stelle der abgestimmten Flasche verwende man auch eine beiderseits offene Röhre von halber Wellenlänge des Tones.

Eine weitere Gruppe einfacher Interferenzwirkungen beobachtet man, wenn man in die tönende Luftsäule des Cylinders C Röhren einsenkt, deren Längen gerade, bezw. ungerade Vielfache der Viertelwellenlänge des Tones sind. Durch Schließen der äußeren Öffnung dieser Röhren geht ihr Einfluß auf die Tonstärke natürlich ins Entgegengesetzte über. Eine den Ton schwächende Röhre ist umso wirksamer, je tiefer sie eingesenkt wird. Berührt man die Wasseroberfläche, so wird der Einfluß der Röhre natürlich plötzlich beseitigt. Damit der Ton für die Zuhörer verschwinde, muß der Querschnitt der eingesenkten Röhre mindestens ein Viertel des Cylinderquerschnitts betragen.

2. Pensler in Blankenese: Die Wirkungsweise des Telephons pflegt man in der Weise zu zeigen, daß man 2 Induktionsspulen, I_1 und I_2 , in die zwei kräftige Stahlmagnete M_1 und M_2 gesteckt sind, durch Leitungsschnüre mit einander verbindet.



Vor dem Pole des einen Magneten ist ein an leicht beweglicher Metallfeder hängendes Eisenplättchen A_2 angebracht; während dem Pole des anderen Magneten ein kleiner Eisenanker A_1 , mit der Hand genähert oder von ihm entfernt werden kann. Durch das Nähern und Entfernen des Ankers A_1 wird bekanntlich infolge der entstehenden Induktionsströme und der wechselnden Magnetisierung das Eisenplättchen A_2 angezogen und abgestoßen.

Die Schwingungen, in die A_2 gerät, sind indessen auf größere Entfernungen nur wenig sichtbar. Man kann sie aber durch Hinzufügen folgender Vorrichtungen deutlich wahrnehmbar machen. Man braucht nur den Stromkreis eines Elementes E , in das eine elektrische Klingel K eingeschaltet ist, durch die Bewegungen der schwingenden Metallplatte zu schließen

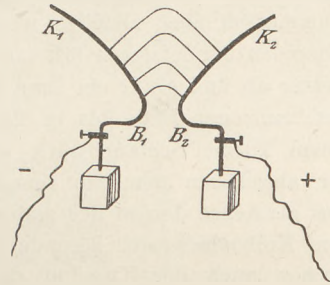
* In dieser neuen Abteilung sollen Versuche, die keine kostspieligen Apparate erfordern, sowie auch Schulversuche und Freihandversuche eine Stelle finden. *Die Redaktion.*

und zu öffnen. Zu dem Zwecke verbindet man den einen Pol des Stromkreises bei C mit der Metallfeder und befestigt den anderen Pol D 1—2 mm weit von der Eisenplatte entfernt. Sobald nun das Eisenplättchen in Schwingungen gerät, wird durch seine Berührung mit dem Pole D der Strom geschlossen, und die elektrische Glocke ertönt. Mit den Schwingungen hört auch die Klingel zu läuten auf.

3. Penseler in Blankenese: **Das Ausblasen des Flammenbogens** bei den Siemensschen Hörnerblitzableitern läßt sich folgendermaßen leicht vorführen.

Zwei Kupferbügel K_1 und K_2 , denen man annähernd die Form der Hörnerblitzableiter gegeben hat, werden auf 2 Holzklötzen befestigt, mit den Polen der elektrischen Lichtleitung verbunden und, wie die Figur zeigt, einander gegenüber gestellt.

Nachdem man die beiden Hörner an den Stellen B_1 und B_2 mit einander in Berührung gebracht hat, entfernt man sie ein paar Millimeter von einander, dann bildet sich der Lichtbogen, der sich aber schnell verändert, denn hauptsächlich infolge der erwärmten aufsteigenden Luft wird er nach oben geblasen, er wird, da sich die Hörner nach oben hin von einander entfernen, länger und länger, bis er nach wenigen Sekunden zerreißt.



4. J. Jung in Sternberg: **Zur Funkentelegraphie.** Die an sich schon sehr einfache Versuchsanordnung des Herrn Geschöser (d. Jahrg. S. 222) kann meiner Erfahrung nach immer noch sparsamer gestaltet werden. Schaltet man statt der Glocke hinter den Fritter aus magnetisierten Stricknadeln und Eisenpulver ein Vertikalgalvanometer, das weithin sichtbare Ausschläge geben kann, so kann man dasselbe bereits ausschlagen sehen, wenn nicht sehr weit vom Fritter Funken aus dem Konduktor einer gewöhnlichen Reibungselektrifiziermaschine gezogen werden. Sicherer erfolgt der Ausschlag, wenn man einen Funkeninduktor — selbst ohn jeede Zutat — in Tätigkeit setzt. Noch kräftiger ist die Wirkung einer Flaschenentladung, wobei die Flasche natürlich mit der Reibungsmaschine geladen sein kann, oder — der automatischen Neuladung wegen — mit den sekundären Polen eines Induktors verbunden ist. Den Funken entnimmt man nach Bedarf mittelst eines gewöhnlichen Ausladers.

Anmerkung d. Red. Einen weiteren Versuch s. ds. Heft S. 36 (Boys).

Für die Praxis.

Herstellung von Kollodiumballons. Von H. Rebenstorff in Dresden. Die als kleine Luftballons, sowie zu elektrischen Versuchen geeigneten Kollodiumhüllen werden bekanntlich dadurch erhalten, daß man die nach Ausschwenken eines kugeligen Glasgefäßes mit Kollodiumlösung zurückbleibende Benetzungsschicht nach dem Trocknen sehr vorsichtig herauszieht. In vielen Fällen wird das Zerreißen der dünnen Häutchen, unter Umständen auch das zu große Gewicht der mühsam ins Freie gebrachten Ballons, von der Wiederholung des Versuches einer Selbstbereitung abschrecken und durch Ausgabe einiger Mark für einen kleinen Vorrat wird man sich vor weiterer Zeitverschwendung bewahren.

Bei Benutzung des im folgenden beschriebenen Verfahrens gelingt die Herstellung ohne besondere Mühwaltung mit großer Sicherheit. Ein oder mehrere Rundkolben von etwa $\frac{1}{2}$ l Inhalt werden mit destilliertem Wasser gereinigt und mit etwas Alkohol, zuletzt mit Äther behufs schnellen Trocknens — vielleicht auch zur Gewinnung günstiger Adhäsionsverhältnisse der Innenwand — ausgespült. Bald nach dem Abdunsten des Äthers aus den verkehrt in Stativringe gestellten Kolben gießt man eine Quantität des mit Methylviolett gefärbten gewöhnlichen Kollodiums der Apotheken hinein und läßt dies über die gesamte Kolbenwandung rinnen, wobei man besonders bei stark gefärbtem Kollodium acht geben muß, daß nicht eine Wandstelle unbenetzt bleibt. Nach Zurückgießen des Überschusses stellt man den Kolben wieder verkehrt in einen Stativring. Ein eine Handbreit darunter

befindliches Schälchen nimmt die noch reichlich ab rinnenden Kollodiummassen auf, die später wieder gelöst und neu benutzt werden können. Den Farbstoff löst man wohl am besten vorher in etwas Äther, gießt diesen in die Kollodiumflasche und beschleunigt durch Herumwälzen die Vermischung. Luftblasen läßt man vor Benutzung des Kollodiums emporsteigen.

Das Herausziehen der Ballonhülle geschieht in sicherer, fast belustigender Weise, wenn man damit nicht etwa bis zum völligen Trocknen wartet, sondern nur solange, bis der Kolbenbauch sich nicht mehr kalt anfühlt, während die aus der Mündung geronnenen Kollodiummassen noch ziemlich weich und kalt, aber nicht mehr klebrig sind. Nach dem Abschneiden der letzteren löst man die Membran ringsherum an der Kolbenmündung mit dem Messer ab und senkt ein etwa 1 cm dickes und 25 cm langes Glasrohr mit seinem gut rundgeschmolzenen Ende bis in die Mitte des Kolbens ein; das andere Ende des Rohres ist mit einem kurzen Schlauchstück versehen. Man drückt nun mit dem Zeigefinger eine Stelle der abgelösten Membran innerhalb der Kolbenmündung gegen das Glasrohr und dreht um dies als Achse den in der andern Hand gehaltenen Kolben. Dabei windet sich zunächst das vom Kolbenhals sich lösende weiche Kollodium luftdicht um das Rohr und bei weiterem Drehen auch der Kugelteil des Ballons, sodaß die weiche Hülle mit Leichtigkeit herausgezogen werden kann. In einigen Fällen haftete die Membran an einer Stelle der Kolbenwand etwas stärker, konnte aber durch Zerren mit dem Glasrohr nach der entgegengesetzten Seite oder auch durch Drücken mittels eines neben dem Glasrohr eingeführten, am Ende abgerundeten Glasstabes leicht abgezogen werden. Nicht ratsam erschien es, das Ablösen des Häutchens durch Saugen an dem Glasrohr zu unterstützen; dadurch bildeten sich Ventilschlüsse seitens des Kollodiums, die nicht immer durch Einblasen beseitigt werden konnten. Nach dem Ausbringen des Ballons bindet man mit Zwirnsfaden dessen Halsteil möglichst am Anfange, also dort, wo man ihn mit dem Zeigefinger angedrückt hatte, auf dem Glasrohr fest und bläst ihn sofort zu einer prächtigen Kugel auf. Die jetzt noch sehr dehnbare Membran bringt man leicht auf eine viel größere Ausdehnung, als sie im Kolben besaß. Eine Vergrößerung des Durchmessers um die Hälfte ist wohl hierbei das Richtige, da bei weiterem Aufblähen die Wandung gar zu dünn wird. Das Schlauchstück drückt man noch vor dem Munde mit den Fingern zusammen und schließt es mit einem Quetschhahn oder Glasstöpselchen ab. An dem seinerseits befestigten Glasrohr hängend, läßt man den in seinem prall aufgeblähten Zustande verbleibenden Ballon völlig trocknen. Sein Gewicht geht dabei auf beiläufig ein Zehntel herab. Der Kolben kann natürlich nach dem Entfernen eines Ballons wieder beschickt werden und in Zwischenräumen von etwa einer Stunde je eine Kollodiumhülle liefern.

Das Häutchen ist nach gänzlichem Austrocknen unter dem Zwirnsfaden dem Glasrohr fest aufgeklebt, sodaß man es hier abschneiden muß. Die Ballons drücke man auf dem Tische mit einer ebenen Fläche zusammen und bewahre sie etwa in einem Schreibhefte auf.

Hinsichtlich der Verwendung von Kollodiumstückchen (d. Zeitschr. XIV, 295) sei hier nachgetragen, daß ein Bausch davon an Stelle von Schiefsbaumwolle benutzt werden kann, um die zündende Wirkung der verzögerten Entladung zu zeigen (vergl. WEINHOLD, *Demonstrationen*, (3), S. 657).

Porzellanleuchter als isolierende Ständer. Von Hermann Hahn. Man kittet eine reine, trockene, starke Röhre aus nichtleitendem Glase mit Kork und Siegelack oder Schellack in einen niedrigen Porzellanleuchter, bohrt in einen breiten Kork ein so großes Loch, daß er sich stramm auf das obere Ende der Glasröhre, die man mit Firnis überstreicht, aufschieben läßt, und legt eine Paraffinscheibe auf diesen Kork. Durch Eingießen von Öl in den Teller des Leuchters kann man die Isolation ungemein steigern. Überhaupt sind Leuchter aus Porzellan, Metall u. s. w. sehr bequem zu verwertende Fußgestelle, deren mannigfache Verwendbarkeit bei der Selbstanfertigung physikalischer Apparate man seither übersehen hat.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Apparate für Reflexion und Brechung des Lichtes. Von W. STAHLBERG. In einer Programmabhandlung der Realschule zu Steglitz¹⁾ hat der Verfasser außer den bereits in dieser Zeitschrift (XV, 65) bekannt gemachten Vorrichtungen noch einige andere beschrieben, die für den Unterricht von Interesse sind. Zur Einführung in die Gesetze der Kugelspiegel empfiehlt er die wohl zuerst von K. Fuchs (d. Zeitschr. VII, 296) angegebene Benutzung von Bauklötzchen, an die schmale ebene Spiegelchen angeklebt werden. Besonders brauchbar haben sich ihm für diesen Zweck die Halbbögen der Richterschen Ankerbausteine erwiesen (wie Fig. 1 sie zeigt), da sie die nötige Schwere und genaue Winkelung besitzen. Die Spiegelchen werden am besten erst an der Rückseite mit Seidenpapier beklebt und dann mit Fischleim an den Klötzchen befestigt. Die Klötzchen werden auf dem Tisch längs eines Kreis-, Parabel- oder Ellipsenbogens aufgestellt und bringen das betreffende Reflexionsgesetz zur Anschauung. Um das Gesetz auch am Hohlspiegel selbst zu demonstrieren, stellt der Verfasser ein Kartonmodell her, bestehend aus einem der spiegelnden Fläche genau angepaßten Sektor, gegen dessen hintere Fläche ein zweiter Sektor rechtwinklig angesetzt ist, sodaß das Modell sich an der spiegelnden Fläche beliebig verschieben läßt. Auf der Vorderfläche des ersten Sektors ist ein Kugelradius ausgezogen und symmetrisch sind auf beiden Seiten Strahlen in gleichen Winkelabständen aufgezeichnet. Läßt man ein schmales Lichtbündel an dem Karton streifend auf den Spiegel fallen, so wird der Lichtweg vor und nach der Reflexion übereinstimmend mit den aufgezeichneten Linien sichtbar.

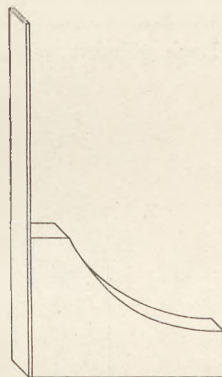


Fig. 1.

Zur Einführung in die Brechungserscheinungen dient folgende Abänderung des Keplerschen Versuchs mit dem Glaswürfel. Ein schmaler rechteckiger Glaskasten von 20 cm : 16 cm : 5 cm ist mit einem lose aufliegenden Zinkblech bedeckt, durch das ein kurzes, schwach geneigt angelötetes Messingröhrchen und eine bis auf den Boden herabzusenkende Glasröhre führen. Die Strahlen des Heliostaten werden durch einen passend aufgestellten, drehbaren Spiegel schräg abwärts gegen die Seitenwand des Gefäßes geleitet und dieses erst mit Tabaksrauch, dann mit Wasser (mittels einer Hebevorrichtung) gefüllt. Um den Strahlengang umzukehren, stellt man einen Winkelspiegel mit senkrecht zueinander stehenden Flächen am Boden des Gefäßes so in den Weg des gebrochenen Strahls, daß dieser nach zweimaliger Reflexion an den Spiegeln parallel seiner Einfallsrichtung zurückkehrt und auch nach dem Übertritt in die Luft dem einfallenden Strahlenband parallel erscheint.

Um den Strahlenkegel des doppelten Grenzwinkels im Wasser zu demonstrieren, wird ein Kasten (20 cm : 19 cm : 9 cm) benutzt, dessen Boden und eine große Seitenwand aus Zinkblech, die andere aus Glasplatten besteht. In die Mitte der Zinkwand ist ein quadratisches Fenster von 3,5 cm Seitenlänge eingesetzt, und gegen dieses schräg (mittels einer Blechrinne und eines federnden Blechstreifens) eine Milchglasplatte (3 cm : 2,5 cm) angelegt. Vereinigt man durch eine Sammellinse von einer starken Lichtquelle möglichst viel Strahlen auf einer möglichst kleinen Fläche in der Mitte des Milchglases, so zerstreut dieses die Strahlen und liefert so einen „leuchtenden Punkt“, der Licht nach allen Seiten ausstrahlt. Wird der Kasten mit Wasser gefüllt, so erkennt man, daß der ins Wasser eintretende Kegel einen Öffnungswinkel von etwas über 90° hat. Um den Querschnitt des Lichtkegels zur Anschauung zu bringen, kann man einen Leinenschirm von 18 cm im Quadrat, der an einen Messingdraht angenäht ist, quer in den Kasten hineinhängen und

¹⁾ Beiträge zur experimentellen Behandlung der elementaren Optik. Wissensch. Beilage zum Jahresbericht der Realschule zu Steglitz, 1902. Pr.-No. 144. 32 S.

ihn langsam in Richtung der Kegelachse hin- und herbewegen. Bringt man zwischen die Milchglasplatte und die Gefäßwand etwas Wasser, sodaß der „leuchtende Punkt“ nicht mehr durch Luft vom Wasser getrennt wird, so steigt der Öffnungswinkel des ins Wasser eintretenden Kegels auf 180° . Dies wird besonders deutlich, wenn man das Wasser an der Milchglasplatte durch Blasen mit einem Messingröhrchen wieder entfernt.

Auch zur Einführung in die Lehre von den Linsen leistet das vorher schon bei den Kugelspiegeln benutzte Prinzip gute Dienste. Durch eine Reihe von Prismen in angemessener Aufstellung läßt sich die Wirkung einer Bikonvexlinse erläutern. Die Form eines solchen Prismas (Fig. 2) wird aus dünnem Messingblech hergestellt. Man zeichne dazu auf das Blech die Grundfläche a als ein gleichschenkliges Trapez, dessen gleiche Seiten den brechenden Winkel des Prismas gemäß geneigt sind, und entwirft über den parallelen Seiten jederseits ein Rechteck b , dessen Höhe gleich der gewünschten Prismenhöhe ist. An den Seiten der so entstandenen Figur werden schmale Blechstreifen c nach Art der Kleblaschen, wie man sie auf Modellierbogen findet, dazu gegeben. In die Mitte des Trapezes wird ein Loch gebohrt, sodaß eine oben verschlossene Messingröhre, die später das Prisma tragen soll, gerade hineinpaßt. Nachdem dann die ganze Form ausgeschnitten ist und die Laschen in dem richtigen Winkel zur Fläche umgebogen sind, werden die beiden Rechtecke emporgekantet und oben durch die quer über die Seitenlaschen gelöteten Blechstreifen d so verbunden, daß sie einander parallel und senkrecht zur Grundfläche stehen. Nun wird in derselben Richtung die Tragstange von unten her gut eingelötet. Alsdann brauchen nur noch dünne Spiegelglasscheiben in die beiden entstandenen Fensteröffnungen eingekittet zu werden, und das Prisma ist fertig.

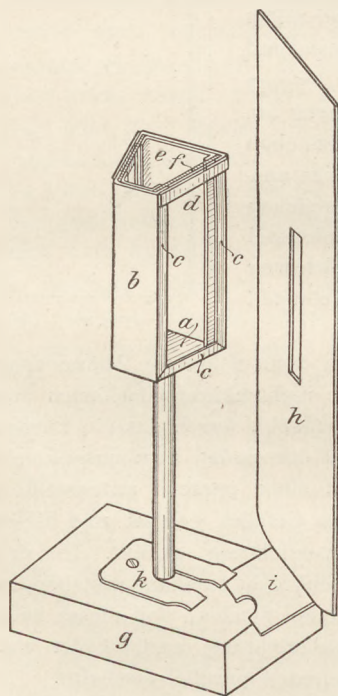


Fig. 2.

Tragröhre ist 8 cm lang, die Fußbretchen messen 75 mm : 50 mm : 18 mm.

Zur experimentellen Vorbereitung des Verständnisses für die Linsenwirkung werden fünf solcher Prismen mit den brechenden Winkeln 60° , 30° , 0° , 30° und 60° benutzt. Sie stehen so in den Brettchen, daß sie ihre brechende Kante nach der einen Längsseite des Brettchens kehren. Für die Aufstellung der Prismen in einer Reihe dient eine flache Rinne aus Holz (Fig. 3) von 70 cm Länge und 7,5 cm Breite, in die die Brettchen gerade hineinpassen und in der sie sich bequem nach beiden Seiten verschieben lassen. Als Blendenbleche werden zunächst rechteckige Zinkbleche h von 15 cm : 6,5 cm benutzt, die in der Prismenhöhe einen Spalt von 5 mm Breite besitzen. Ihre Aufstellung ist aus der Figur ersichtlich. Das unten rechtwinklig abgebogene Blechstück i wird so unter die U-förmige gegen das Holz drückende Blechfeder k geschoben, daß sein halbkreisförmiger Ausschnitt die Tragröhre des Prismas umgreift. Hierdurch wird eine bequeme Drehung des Blendenbleches ermöglicht, die den Schlitz etwas zur Seite zu schieben gestattet.

Stehen die Prismen in der Rinne alle mit den brechenden Kanten nach außen, so läßt sich innerhalb der Symmetrieebene eine Kerzenflamme bei passendem Abstand in Spalthöhe so aufstellen, daß die durch die fünf Spalte hindurchgehenden Lichtbänder nach der Brechung konvergieren. Man bringt nun einen weißen Kartonschirm von 30 cm Höhe und 70 cm Breite hinter die Prismenreihe, sodaß er parallel zur Rinne steht, und kann dann leicht die fünf Spaltbilder auf einer Stelle vereinigen, indem man die Prismen je nachdem auseinander- oder zusammenschiebt. Da die Blendenbleche das Licht nicht immer ausreichend abschatten, ihre Verbreiterung aber nicht zulässig ist, weil sie sich sonst für enge Stellungen der Prismen gegenseitig im Wege sind, so benutzt man zum weiteren Abschatten zweckmäßig einzelne an Holzklötzen senkrecht aufgestellte Blechplatten, die man auf dem Tisch in passenden Abständen anordnet.

Ist die Einstellung vollzogen, so kann man auch die Kerze an die Stelle der Spaltbilder und den Schirm an die der Kerze stellen, und man wird wieder alle Spaltbilder vereinigt haben. Man kann ferner den Schirm in der Richtung der Symmetrielinie verschieben und so den Strahlengang selbst zur Anschauung bringen. Ferner kann man durch Näherung oder Entfernung der Kerze eine Änderung der Konvergenz herstellen und auch die Fälle der parallel und divergent austretenden Strahlen vorführen.

Will man paralleles Licht auf das System auf fallen lassen, um die Vereinigung paralleler Strahlen im Linsenbrennpunkt nachzuahmen, so wirft man Sonnenlicht auf zwei Spiegel, die an einen quaderförmigen Ankerbaustein von 100 mm : 25 mm : 25 mm geklebt sind, also einen Winkel von 90° bilden, aber (Fig. 3) zwischen sich einen Spalt lassen, durch den das Sonnenlicht unmittelbar auf den Spalt des mittleren 0° -Prismas fallen kann. Nun hat man nur noch nötig, die Sonnenstrahlen wieder durch schmale, den vorigen Spiegeln parallel gestellte Spiegel auf die seitlichen Prismen zu werfen und durch Parallelverschiebung der Prismen und der ihnen zugehörigen Spiegel die Spaltbilder auf einer und derselben Stelle des Schirmes zu sammeln.

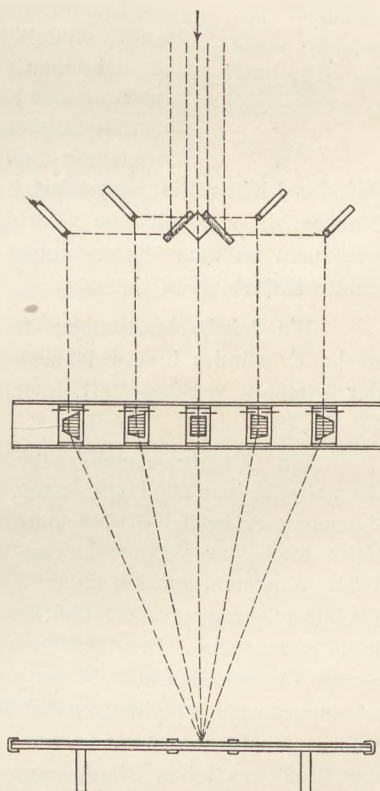


Fig. 3.

Auch als Luftprismen in Wasser bewähren die Prismen sich gut. Man kann sie bequem von oben her in den früher (d. Zeitschr. XV, 66) beschriebenen Wasserkasten hängen und zeigen, daß die Brechung des einfallenden Strahles nunmehr der brechenden Kante zu, also nach der entgegengesetzten Seite erfolgt, wie beim Wasserprisma in Luft. Dieser Versuch gibt unmittelbar das Verständnis für die sammelnde Wirkung einer bikonkaven und die zerstreue Wirkung einer bikonvexen Luftlinse im dichteren Mittel.

Wegen weiterer Einzelheiten verweisen wir auf die Abhandlung. Diese enthält ferner noch eine Darstellung des Sinusgesetzes für zylindrisch gekrümmte Flächen, die Demonstration der Brechung an kugelförmigen Grenzflächen und einfache Versuche zur Erläuterung der Eigenschaften des Auges.

Künstliche Darstellung einer totalen Sonnenfinsternis. R. W. WOOD gibt dafür in der *Nature* 63, 250; 1901 folgende Anleitung: Man füllt einen rechteckigen Glastrog, dessen Vorderseite 30 cm im Geviert und dessen Breite 14—15 cm beträgt (irgend ein Aquariumbehälter tut es auch) fast ganz mit reinem Wasser und setzt einen oder zwei Löffel einer Auflösung von Mastix in Alkohol hinzu, die dem Wasser ein milchiges Aussehen verleiht. In die Flüssigkeit taucht man eine sechskerzige Glühlampe. Die Zuleitungsdrähte führt

man durch ein kurzes Glasrohr und befestigt die Lampe mit Siegellack wasserdicht an dem unteren Ende (Fig. 1). Auf die Wand der Lampe klebt man mit Schellack fünf oder sechs Stanniolstreifen von $\frac{1}{2}$ bis 1 mm Breite, die frei bleibenden Zwischenstreifen sollen



Fig. 1.

ungefähr ebenso breit sein. Die Stanniolbänder ordnet man in zwei einander gegenüberliegenden Gruppen an. Die Anzahl, Breite und Verteilung der Streifen, die eine möglichst naturgetreue Wirkung hervorbringen, bestimmt man leicht durch Versuche. An der Spitze der Lampe befestigt man mit Siegellack oder irgend einem weichen wasserfesten Kitt eine kreisförmige Metallscheibe, die ein wenig größer ist als die Lampe. Sie schneidet das direkte Lampenlicht ab und stellt die schwarze Mondscheibe dar. Man taucht das Ganze so in den Wassertrog, daß die Lampe wagerecht liegt und die Metallscheibe der Vorderseite zugekehrt ist (Fig. 2). Es empfiehlt sich, einen Widerstand in den Stromkreis der Lampe einzuschalten, um die Stärke der Beleuchtung ändern zu können. Sobald der Strom eingeschaltet ist, sieht man eine sehr schöne Corona, die von der Zerstreuung des Lampenlichtes durch die im Wasser schwebenden Mastixteilchen herrührt. Betrachtet man die Erscheinung durch ein Nicolsches Prisma, so findet man,

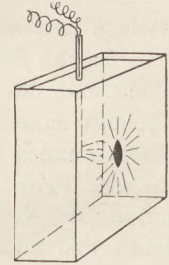


Fig. 2.

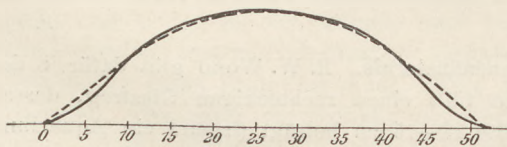
daß das Licht radial polarisiert ist. Es erscheinen auf jeder Seite der Lampe zwei dunkle Flächen, die sich mit dem Nicol drehen. Um die Erscheinung noch naturgetreuer zu machen, setzt man zu dem Wasser noch eine Lösung einer bläulich-grünen Anilinfarbe (WOOD benutzte Malachitgrün) hinzu.

H.-M.

Die Schallschwingungen in der Luft weist BOYS durch folgenden einfachen Versuch nach: Er zündet in der Nähe einer offenen Pfeife einen Bunsenbrenner an. Beim Tönen der letzteren werden die Schwingungen der Staubteilchen in der Flamme sichtbar. *Nature* 63, 26; 1900.

H.-M.

Ein Miniatur-Anemometer für stehende Schallwellen. VON BERGEN DAVIS (*American Journal of Science* XIII 129; 1902). Das zur Messung von Windgeschwindigkeiten benutzte Anemometer besitzt die Eigenschaft, sich stets in derselben Richtung zu drehen, von welcher Seite auch der Wind kommen mag. Alternierende Luftströme, wie sie innerhalb einer Pfeife eintreten, werden daher auf ein Anemometer ebenso einwirken wie ein kontinuierlicher Luftstrom, vorausgesetzt, daß sie von genügender Stärke und die Schalen des Anemometers klein genug sind. Der Verf. benutzte eine gedeckte Orgelpfeife von 68 cm Länge, die ihren ersten Oberton angab. 16 cm von dem Mundstück entfernt befand sich der erste Knoten; hier wurde ein Diaphragma befestigt. Ein zweiter Knoten war am geschlossenen Ende der Röhre, die Länge einer halben stehenden Welle betrug daher 52 cm. Die eine Seitenwand der Pfeife zwischen Diaphragma und geschlossenem Ende wurde entfernt und durch eine Glaseinlage ersetzt, sodaß man hineinsehen konnte. Im Innern befand sich ferner eine Zentimeterskala mit dem Nullpunkt am geschlossenen Ende. Die Schalen des Anemometers wurden aus Gelatine kapseln, wie man sie für medizinische Zwecke braucht, angefertigt und an den Enden von 4 Papierarmen befestigt, die durch Vermittlung eines Glaszapfens auf

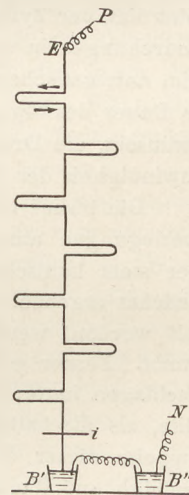


der Spitze einer feinen Nadel schwebten. Es wurden drei solche Anemometer von verschiedener Schalengröße (0,75 cm, 0,58 cm, 0,45 cm Durchmesser) hergestellt. Zur Messung der Umdrehungen diente eine stroboskopische Scheibe; zur Herstellung eines gleichmäßigen Drucks für den Anblasestrom wurde ein Quecksilbermanometer benutzt. Die vorstehende Figur stellt den mit dem einen der drei Manometer erhaltenen Gang der Luftbewegung innerhalb der stehen-

den Welle dar; die Abszissen geben die Distanzen in der Röhre, die Ordinaten die Umdrehungsgeschwindigkeiten des Anemometers pro Sekunde. Die punktierte Linie ist eine Sinuskurve. Man sieht, daß diese in der Mitte des Bauches gut mit der beobachteten Kurve übereinstimmt, während beide in der Nähe der Knoten von einander abweichen. Es geht daraus hervor, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit der Wellenamplitude proportional ist, wenn diese genügend groß ist. Die Depression der Kurve in der Nähe der Knoten zeigt, daß das Anemometer nicht so stark beeinflußt wird, wenn die Amplitude im Vergleich mit den Schalenradien klein ist. — Indem der Verf. aus der Lineargeschwindigkeit der Schalen einen Wert für die Maximalgeschwindigkeit der Luft in der Röhre ableitet, berechnet er hieraus und aus der bekannten Schwingungszahl die Amplitude der Luftwelle zu 2,99 mm.

Schk.

Demonstration der Wirkung von Elementen desselben Stromes aufeinander. Von A. GARBASSO. *Nuovo Cim. Ser. 5, Lugl. 1901.* Durch den bekannten Versuch mit Rogets Spirale wird gezeigt, daß parallele Elemente desselben Leiters, die vom Strom in paralleler Richtung durchlaufen werden, einander anziehen. Durch eine kleine Abänderung des Versuches kann man zeigen, daß parallele Stromelemente sich abstoßen, wenn der Strom in ihnen entgegengesetzt fließt. Zu dem Zwecke wird ein Kupferdraht von etwa $2\frac{1}{2}$ m Länge und 0,5 mm Dicke so gebogen, wie die Figur zeigt. Die henkelförmigen Ausbiegungen sind abwechselnd auf der rechten und linken Seite angebracht, sodaß das ganze System, an einem Ende aufgehängt, in vertikaler Stellung bleibt. Die Länge einer Ausbiegung betrug 10 cm, der Abstand zweier aufeinander folgender Ausbiegungen war ebenfalls 10 cm. Das feste (obere) Ende *E* wird mit dem positiven Pol *P* einer Akkumulatorenbatterie verbunden, das andere taucht in ein Gefäß *B'* mit Schwefelsäure, das durch einen Unterbrecher *B''* mit dem negativen Pol der Batterie in Verbindung steht. Im Moment des Stromschlusses verlängert sich die Spirale, und wenn der Strom nur ganz kurze Zeit geschlossen bleibt, so verschwindet die Verlängerung im Augenblick des Öffnens, kann also nicht der Jouleschen Wärme zugeschrieben werden. Die Pole sind in der angegebenen Weise angeordnet, damit keine Gasentwicklung am unteren Ende der Spirale auftritt; Schwefelsäure ist gewählt, weil Quecksilber der Bewegung einen zu großen Widerstand entgegensetzen würde. Der zweite Unterbrecher ist unumgänglich, weil sonst beim Stromschluß Bewegungen in der Schwefelsäure auftreten würden. Die Verlängerung war bei einem Strom von 15 Ampère schon ganz merklich. Für die Demonstration im Unterricht empfiehlt es sich, einen Zeiger *i* am unteren Ende anzubringen und dies Ende zu projizieren.



P.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Zur Ausbreitung des Schalles in der Luft. (Erfahrungen bei Nebelsignalen.) Für den physikalischen Unterricht dürfte es von Interesse sein, gelegentlich die bei Schallsignalen auf Nebelsignalstationen der Küsten gemachten Erfahrungen heranzuziehen. Deshalb möge hier einiges darüber im Anschluß an die im vorigen Jahre zu St. Catherines Point auf der Insel Wight angestellten Versuche und an frühere Berichte mitgeteilt werden¹⁾.

Als Schallquellen sind benutzt worden Gongs, Glocken, Kanonen, Pfeifen, Zungenhörner und Sirenen. Die Gongs, mit denen man früher Leuchtschiffe ausrüstete, haben sich bald als unbrauchbar erwiesen, weil ihr Schall nicht durchdringend genug war. Aber auch Glocken von 3 bis 4 Ctr. Gewicht sind als zu schwache Schallquellen zu verwerfen. Kräftiger wirken Kanonenschläge, die man durch Explosion von 3 Pfund Pulver erzielt. In

¹⁾ Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie 1902, 355 ff.; 1892, 125 ff.; 1893, 251 ff.; 1895, 187 ff.

neuerer Zeit hat man mit Erfolg an ihre Stelle die Explosion von 120 g Schießbaumwolle gesetzt, deren Knall noch schärfer und durchdringender ist. Die Ladung wird entweder an einer langen Spiere befestigt und auf elektrischem Wege vom Leuchtturm aus entzündet, oder man läßt sie durch eine Rakete auf etwa 180 m Höhe hinaufbefördern und dort abbrennen. Trotz des Übelstandes, daß der Knall nur von kurzer Dauer ist und deshalb leichter überhört werden kann, wird man auf das Explosionssignal dort nicht gern verzichten, wo kein Platz für maschinelle Anlagen ist, ohne die lang andauernde Töne nicht erzeugt werden können.

Von diesen erfordern die Dampf- und Luftpfeifen einen hohen Druck und sind als verschwenderische Apparate zu bezeichnen. Die Zungenhörner arbeiten mit aufschlagenden Zungen. Konstruktionen, bei denen mehrere gleichgestimmte Zungen ihren Ton in denselben Schalltrichter gaben, sind weniger wirksam als solche mit nur einer Zunge. Der Ton ist aber bisher noch immer zu schwach befunden, als daß er über kleinere Hörweiten hinaus in Frage kommen könnte. Die ersten Sirenen bestanden aus zwei flachen Scheiben mit an Zahl und Gestalt gleichen Schlitzten. Der günstigeren mechanischen Anordnung und des leichteren Antriebes wegen hat man dann diese Konstruktion verlassen und Zylindersirenen gebaut. Indessen hat sich bei den letzten englischen Versuchen eine neue Form der Scheibensirene von 18 cm Durchmesser vortrefflich bewährt. Bei den Zylindersirenen tritt Luft oder Dampf durch die Längsschlitzte eines Zylinders von außen nach innen ein und dreht hier einen inneren Zylinder mit entsprechenden Schlitzten um. Bei der Sirene von St. Catherines Point hat der Zylinder einen Durchmesser von 13 cm und trägt 24 Schlitzte, sodaß bei 240 Umdrehungen in der Minute der Ton 96 Schwingungen in der Sekunde hat. Da die Sirene beim automatischen Anblasen erst allmählich ihre Drehungsgeschwindigkeit erlangt, so wird die Dauer des Signaltones dadurch verkürzt und seine Wirkung geschwächt. Daher ist es erwünscht, die Drehung durch einen besonderen Motor zu bewirken und erst bei voller Geschwindigkeit der Druckluft Zutritt zu gewähren.

Die bisher benutzten Schalltrichter sind wohl kaum auf Grund genauerer theoretischer Überlegungen ausgeführt. Sie zeigen in Länge und Form große Verschiedenheiten, sind aber stets konisch und von kreisförmigem Querschnitt. Die vorjährigen Versuche haben zunächst ergeben, daß nur dann die besten Wirkungen in Stärke und Gleichförmigkeit erzielt werden, wenn der Eigenton des Schalltrichters mit dem Ton des Apparates übereinstimmt. Ferner gaben sie Lord Rayleigh Recht, der eine elliptische Querschnittsform vorgeschlagen hatte; derart, daß der horizontale Durchmesser der Mündung nicht größer sein sollte, als die halbe Wellenlänge des Signaltones, während der senkrechte Durchmesser das Doppelte dieser Wellenlänge und mehr haben sollte. Der Gegenstand wird von Lord Rayleigh auf Wunsch der „Trinity House Corporation“, der höchsten Autorität in Leuchtturmsangelegenheiten für England, weiter verfolgt.

Die Hörweite ist in der Achse des Schalltrichters am größten und fällt nach der Seite mehr und mehr ab. Um den Schall über einen größeren Bogen des Horizontes (220° bei den Versuchen) auszubreiten, hat es sich zweckmäßig erwiesen, daß man zwei Trichter, deren Achsen einen Winkel von 120° einschlossen, nebeneinander aufstellte und ihre Sirenen gleichzeitig erklingen ließ. Soll noch mehr vom Horizont bestrichen werden, wie bei Feuerschiffen, wo die Warnungssignale nach allen Seiten gegeben werden sollen, so ist ein Schalltrichter mit sogenanntem Pilzhut zu verwenden. Bei diesem steht ein umgekehrter Kegel mitten über der Öffnung eines senkrechten kegelförmigen Schalltrichters so, daß er den Schall möglichst horizontal nach allen Seiten reflektiert. Die Richtung auf den Horizont zu ist nämlich günstiger, als wenn der Schall in einem Winkel abwärts auf die See geworfen wird.

Auch die Einwirkung der Tonhöhe auf die Hörbarkeit ist besonders untersucht worden, weil man zur Unterscheidung der Stationen an den britischen Küsten Kombinationen von bis zu vier Tönen verschiedener Höhe in einem Signal angewandt hatte und Klagen einliefen, daß aus einem solchen Signal die Töne ungleich stark und zum Teil gar nicht gehört waren. In der Tat ergaben die Versuche, daß bei ruhigem Wetter die tiefen, bei Gegenwind und bei bewegter, geräuschvoller See die hochgestimmten Töne weiter zu hören

sind. Wie stark überhaupt die Geräusche bei starken Winden die Hörbarkeit bestimmter Signale beeinträchtigen, geht anschaulich aus einer Beobachtung Mohns hervor, die er beim Studium von Schallsignalen am Eingange des Christianiafjordes gemacht hat. Hier über-tönte bei „ziemlich frischem Winde“ das Sausen in den Grashalmen auf freiem Felde das Signal, welches im Schutz des nahen Turmes in mittlerer Stärke gehört wurde. Daher sollte denn auch das Schiff stets gestoppt werden, wenn man auf ein Nebelsignal hören will.

Physikalisch am interessantesten ist, was sich über die Wirkung der atmosphärischen Zustände auf die Ausbreitung des Schalles bei Schallsignalen ergeben hat. Zunächst sei auf das Seeecho hingewiesen, das folgendermaßen beschrieben wird, ohne daß es bisher ausreichend erklärt werden konnte. „Von einem Standorte auf der Klippe in kurzer Ent-fernung von der Signalstation wurde beobachtet, daß bei schönem klaren Wetter das Blasen der Sirenen oder der Zungenhörner fast sofort durch widerhallende Töne ergänzt wurde. Diese Töne verstärkten den direkten Schall, so lange er anhielt, und verlängerten den Schall für einige Zeit, nachdem das Blasen der Apparate aufgehört hatte. Dieses Echo schien von einem Punkte in der Verlängerung der Trompetenachse auszugehen und mit großer Ge-schwindigkeit über die weite See sich zu verbreiten, als ob eine zerstreute Schar Trompeter in schneller Aufeinanderfolge von allen Teilen des Horizontes bliesen. Durch sorgfältige Zeitbestimmungen wurde festgestellt, daß der Widerhall häufig dreißig Sekunden dauerte. Dieser überraschende Effekt wurde beobachtet, wenn der Himmel wolkenlos und die See glatt und ruhig, sowie kein Schiff in Sicht war. Offenbar waren es Luftechos, möglicher-weise verursacht durch Reflexion der Schallwellen zwischen Schichten von verschiedener Dichtigkeit oder akustischen Wolken. Prof. Tyndall hat gemeint, daß die Dauer des Widerhalles ein Maß für die Tiefe der Atmosphäre, aus der er kommt, abgebe. Wenn dies so wäre, so könnte die Länge und Stärke des Widerhalles ein rohes Anzeichen für die durch-dringende Kraft der Apparate sein, ohne daß man Beobachtungen auf See machte.“

Die Einwirkung des Windes auf die Hörweite geschieht in der Regel ganz im Sinne der landläufigen Auffassung. Die Hörweite ist gegen den Wind am kleinsten, mit dem Wind am größten und hat quer zum Winde mittlere Werte. Je größer die Wind-stärke, desto kleiner das Verhältnis der Hörweiten in Luv und in Lee. Bisweilen kehrt sich das Verhältnis aber um, sodaß man windgegen weiter hört als leewärts. In solchen Fällen ist ein oberer Wind von entgegengesetzter Richtung zum unteren gelegentlich beobachtet worden.

Für Nebel dagegen ist im Widerspruch zur gemeinen Meinung ein Unterschied gegen klare Luft bisher nicht festzustellen gewesen. Für Schnee ist die Hörweite kleiner. Vor allem aber ist immer wieder — bei klarer Luft ebenso wie bei Nebel und Schnee — eine auffallende Ungleichheit der Hörweite zu verschiedenen Zeiten beobachtet worden, ohne daß sich eine erklärende Besonderheit der atmosphärischen Zustände der unmittelbaren Beob-achtung aufdrängte. Bei den Versuchen zu St. Catherines Point z. B. wurde einmal fest-gestellt: Tonstärke in 1 Sm. Entfernung stark; dann abnehmend; zwischen 2 und 3 Sm. kaum hörbar oder unhörbar; wenig über 3 Sm. wieder vorhanden; weiterhin laut und deut-lich hörbares Signal bis zu beträchtlicher Entfernung. — So haben Versuche immer wieder bestätigt, was oft zu Klagen Anlaß gegeben hat, und worauf manche Unfälle zurückgeführt werden konnten, daß die Hörweite außerordentlich wechselnd ist. Man kann gelegentlich, wenn das Schiff gerade auf die Schallquelle zufährt, kurz hintereinander Hörbarkeit und Verschwinden des Signales in mehrfachem Wechsel feststellen. Woher solche Unregelmäßig-keiten? Wie ist zu erklären, daß der Schall bisweilen bei ganz ruhigem Wetter ausbleibt in Entfernungen, wo er sonst deutlich gehört wird?

Tyndall hat seinerzeit im Anschluß an Versuche, die Mitte der siebenziger Jahre von der Trinity House Corporation ausgeführt wurden, die Theorie der akustischen Wolken aufgestellt. Vertikal gestellte Luftschichten von verschiedener Temperatur oder Dunstsättigung sollten die Schallwellen wiederholt reflektieren und brechen und so ihre Kraft mehr und mehr schwächen. Mohn hat dann 1892 im Anschluß an Versuche im Christianiafjord eine genauere theoretische Behandlung des Problems geliefert.

Er ging, wie Tyndall, von der Tatsache aus, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in wärmerer Luft größer ist als in kälterer, und daß sie von einem größeren absoluten Gehalt der Luft an Wasserdampf in demselben Sinne beeinflusst wird, wie von größerer Erwärmung. Schallstrahlen, die aus einer kälteren, wasserdampfreicheren Schicht in eine wärmere, wasserdampfreichere eintreten, werden wie Lichtstrahlen, die aus dem dichteren ins dünnere Mittel kommen, vom Einfallslot abgebrochen; und ebenso wie bei diesen muß totale Reflexion eintreten, wenn der Einfallswinkel dabei eine bestimmte Größe überschreitet. Da nun der absolute Gehalt an Wasserdampf fast immer nach oben zu abnimmt, die Temperatur unter den gewöhnlichen Verhältnissen ebenfalls, so hielt MOHN eine horizontale Anordnung der verschiedenen Luftschichten für geeignet, die Erscheinung zu erklären.

In oberen Schichten langsamer, in unteren schneller, zeigt die Fortpflanzung des Schalles in der Regel ein umgekehrtes Verhalten, wie für gewöhnlich das Licht. Die Schallstrahlen, die von einer hoch gelegenen Schallquelle nach der Erdoberfläche zu ausgehen werden daher, umgekehrt wie Lichtstrahlen, in Kurven laufen, die ihre konvexe Seite nach unten kehren. In einem gewissen Abstand wird für einen Strahl von bestimmter Ausgangsrichtung unmittelbar über der Erdoberfläche totale Reflexion eintreten; der wieder aufsteigende Teil seines Weges wird den Raum, innerhalb dessen der Schall gehört wird, von dem dahinter liegenden Raum über der Erdoberfläche abgrenzen, der gewissermaßen im Schallschatten liegen bleibt. Alle noch schräger abgehenden Strahlen werden dann schon gar nicht mehr bis auf die Erdoberfläche hinunterdringen können, sondern bereits vorher reflektiert werden. Damit ist eine Grenze der Hörbarkeit auf der Erdoberfläche gegeben; damit ist auch klar, daß die Hörweite um so kleiner sein wird, je schneller Temperatur und Dunstdruck mit der Höhe abnehmen, und daß diese Grenze für ein höher über der Erdoberfläche gelegenes Ohr in weiterem Abstände von der Schallquelle liegen wird. Ein Mittel aus 17 Beobachtungen ergab, daß die Signalstärken, die gleichzeitig von Deck aus und von der Sahling (in Masthöhe) beobachtet wurden, sich wie 1,8 zu 2,4 verhielten; und zweimal wurde bei Mohns Versuchen auf Deck nichts mehr gehört, wo von der Sahling das Signal noch gut wahrgenommen wurde.

Bei dieser Theorie ist auch sofort begreiflich, daß die Hörweite sich oft in kurzer Zeit beträchtlich ändern wird. Denn die meteorologischen Elemente, von denen sie abhängt, können innerhalb der kleinen Beträge, um die es sich hier handelt, sehr wohl in kurzer Zeit bald nach der einen, bald nach der anderen Seite wechseln. Die Hörbarkeitsgrenze kann daher kurz hintereinander über einen und denselben Ort hinweg sich nach der Schallquelle hin und von ihr fort verschieben und so den Ort innerhalb und außerhalb der Hörweite verlegen.

Nehmen wir nun den Fall der Temperaturumkehr an, wo die Temperatur mit der Höhe zunimmt, so werden die Schallwellen in den oberen Schichten schneller laufen als in den unteren, und die Schallstrahlen werden bei ihrem Wege von einer hoch gelegenen Schallquelle zur Erdoberfläche Kurven beschreiben, die der Erdoberfläche ihre Hohlseite zukehren. In diesem Falle wird die Hörbarkeitsgrenze erst da eintreten können, wo die immer weitere Ausbreitung den Schall schließlich so weit abgeschwächt hat, daß er nicht mehr gehört wird. Über dem freien Meere wird die Temperaturumkehr wohl kaum öfters vorkommen. Wohl aber kann die intensive Ausstrahlung des Landes in der Nähe der Küste häufiger diesen Zustand der Atmosphäre schaffen, namentlich des Nachts. Man dürfte daher eine tägliche Periode der Hörbarkeit des Schalles von entfernten Schallquellen mit größter Hörbarkeit bei Nacht erwarten, was wohl im Einklang mit der Erfahrung stehen wird. Spuren einer solchen Periode sind vielleicht bei Nebelsignalbeobachtungen der Corvette Nornen im Christianiafjord beobachtet, wo die Hörweite während der Dauer der Versuche von kurz nach Mittag bis gegen 6 Uhr abends zunahm.

Bisher war nur von ruhiger Luft die Rede. Die Bedeutung des Windes für die Hörweite ist viel auffallender als die der bisher erwähnten Faktoren; sie allein ist daher aus der allgemeinen Erfahrung heraus schon richtig eingeschätzt worden. Da die Windge-

schwindigkeit wegen der Reibung an der Erdoberfläche mit der Höhe zunimmt, so wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles, wenn wir diese einmal allein durch den Wind beeinflusst sein lassen, auf der Luvseite der Schallquelle mit der Höhe abnehmen, dagegen auf der Leeseite in der Höhe größer werden. Die Schallstrahlen auf der dem Winde zugekehrten Seite werden also nach oben gekrümmt sein; hier wird ein Schallschatten entstehen müssen, und zwar wird die Hörweite um so kleiner sein, je schneller die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zunimmt. In der Richtung mit dem Winde werden dagegen die Schallstrahlen umgekehrt die Hohlseite ihrer Krümmung der Erdoberfläche zukehren. Die Hörweite ist hier, wie vorhin bei der Temperaturumkehr, theoretisch unbegrenzt. In den dazwischen liegenden Richtungen wird die Wirkung des Windes, die Schallstrahlen gewissermaßen emporzubiegen, von Luv zu Dwers sich allmählich zu Null abschwächen, und von Dwers zu Lee wird die umgekehrte Wirkung der Abwärtskrümmung von Null bis zu der jeweiligen größten Stärke anwachsen.

Man kann gegen die schallhemmende Wirkung des Windes — und dasselbe gilt natürlich von der durch Temperatur und Dunstdruck gesteckten Hörbarkeitsgrenze — nicht etwa durch eine Verstärkung des schallgebenden Apparates ankämpfen. Liegt bei den betreffenden atmosphärischen Zuständen die Hörbarkeitsgrenze so, daß ein Ort von dem Schall nicht mehr getroffen wird, so mag man die Schallquelle verstärken, soviel man will, der Schall wird stets in gekrümmter Bahn aufwärts über den Ort fortschreiten. Würde man dagegen über dem Ort senkrecht aufsteigen, so würde man früher oder später in den Hörbarkeitsbereich kommen. Man könnte den Ort auch dadurch in die Hörweite bringen, daß man die Schallquelle selbst höher hinauf verlegt. Allerdings wächst die Hörweite nur mit der Quadratwurzel aus der Höhe der Schallquelle.

In Wirklichkeit werden natürlich die geschilderten Einflüsse der Ab- und Zunahme von Temperatur, Dunstdruck und Windgeschwindigkeit mit der Höhe gleichzeitig auf die Gestaltung des Schallfeldes einwirken. Dabei ist der Einfluß des Dunstdruckes verhältnismäßig am kleinsten. Eine große Mannigfaltigkeit der Erscheinungen muß die Folge aus diesem Zusammenspiel der Kräfte sein. Den einzelnen Fall in völlig erschöpfender Weise zu behandeln, dürfte nicht leicht möglich sein. Indessen, soweit es durchführbar war, hat MOHN seine Theorie mit der Beobachtung verglichen und auch in zahlenmäßiger Übereinstimmung gefunden.

Auf die mathematische Behandlung des Problems kann hier nicht eingegangen werden. Doch mögen einige der Ergebnisse in der Anschaulichkeit der Mohnschen Zeichnungen wiedergegeben werden, siehe Fig. 1 (a. f. S.). In den Kreisen der einzelnen Teilfiguren ist je ein Flächenstück von 4 Seemeilen Radius abgebildet, über dessen Mitte die Schallquelle in 10 m Höhe zu denken ist. Das den Schall aufnehmende Ohr ist in 5 m Höhe angenommen. Das schraffierte Flächenstück bezeichnet die schallfreie Zone auf der Erdoberfläche, den sogenannten Schallschatten. Neben die Kreise sind jedesmal die meteorologischen Daten eingeschrieben; Fig. XV bietet den Schlüssel dazu. Links steht die Zunahme der Windgeschwindigkeit für 100 m als $100 \Delta w$ in Metern, rechts die Abnahme der Temperatur und des Dunstdruckes für 100 m als $100 \Delta t$ in Celsiusgraden und $100 \Delta e$ in Millimetern Quecksilber. Der Wind ist für alle Figuren als Ostwind vorausgesetzt. Die Einheit des Maßstabes ist die Seemeile.

Die Figuren I bis VIII zeigen die Wirkung der verschiedenen Zunahme der Windgeschwindigkeit; die ersten fünf für den Fall, daß Temperatur und Dunstdruck mit der Höhe abnehmen, VI bis VIII für den, daß sie konstant sind. Im ersten Fall geht die Windwirkung dahin, daß sie den rings geschlossenen Hörbereich nach der Leeseite verlängert und schließlich über einen immer größeren Winkelausschnitt des Horizontes hin öffnet; im zweiten Fall schafft der Wind erst ein Schallschattengebiet auf der Luvseite und rückt dessen Grenze bei größerer Windgeschwindigkeitszunahme der Schallquelle immer näher. Bei Temperaturumkehr (IX und X) ist dieselbe Wirkung, aber nicht so ausgiebig vorhanden. Die Grenze der Hörbarkeit erscheint als eine luvwärts zurückgekrümmte Kurve, deren Krümmung mit dem Wachsen der Windgeschwindigkeitszunahme abnimmt.

Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen wird viel größer, wenn man 2 Luftschichten über einander annimmt, die sich in der Ab- oder Zunahme der entscheidenden meteorologischen Elemente verschieden verhalten. Aus der unendlichen Fülle der Möglichkeiten hat MOHN in der Freude an der mathematischen Bewältigung einzelner naturgemäß konstruierter Fälle 30 Beispiele berechnet. Aus der Reihe der zum Teil sehr eigentümlich geformten Figuren der Hörbarkeitsbereiche sind hier nur die Figuren XI bis XIV wiedergegeben worden. Die Grenze zwischen den beiden Luftschichten ist bei diesen Figuren in 50 m zu setzen. Die meteorologischen Daten für die obere Schicht sind am oberen, die für die untere am unteren Rande eingetragen.

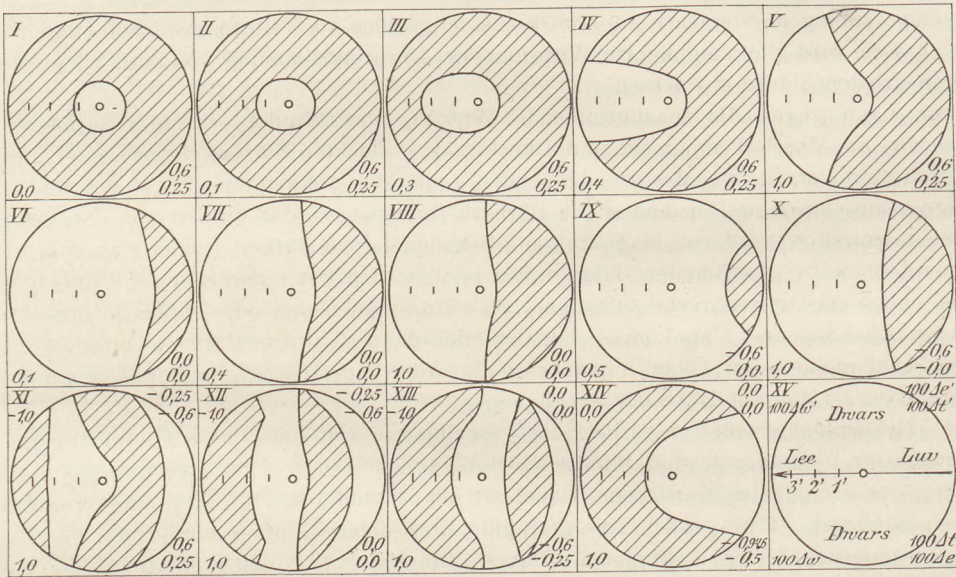


Fig. 1.

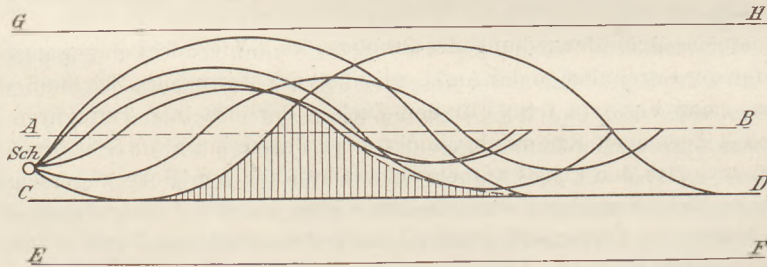


Fig. 2.

Die ersten drei stellen Fälle dar, wo der Schallschatten auf der Luvseite eine äußere Grenze hat, über die hinaus das Signal wieder vollkommen hörbar wird. Sie werden insbesondere durch Abnahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe in der oberen Schicht herbeigeführt. Dabei kann die Abnahme durch einen oberen entgegengesetzten Wind, wie solcher oben für einige beobachtete Fälle festgestellt ist, sehr wohl bedingt sein; doch braucht dieser Wind erst in größeren Höhen vorhanden zu sein. Für die Figuren XI bis XIV ist die Windrichtung in beiden Luftschichten die gleiche, von O. nach W. Den Verlauf der Schallstrahlen in der Luvrichtung in einer durch die Schallquelle gelegten Vertikal-ebene veranschaulicht für einen derartigen Fall nach MOHN die Figur 2. Zum Verständnis derselben braucht nur bemerkt zu werden, daß *Sch* die Schallquelle, *AB* die Grenze zwischen den beiden Luftschichten und *CD* die Erdoberfläche bezeichnet, und daß die gezeichneten Schallstrahlen nach der mathematischen Theorie der Erscheinung aus Kreisen zusammengesetzt sind,

deren Mittelpunkte auf den Parallelen *EF* und *GH* liegen, und die durch die Schallquelle, oder also durch den Eintrittspunkt in die andersartige Schicht hindurchgehen. Das Schallschattengebiet ist wieder schraffiert.

Fig. 1, XIV endlich zeigt eine Umkehr der gewöhnlich beobachteten Erscheinung: Der Hörbereich ist ein nach der Luvseite hin geöffneter Ausschnitt aus dem Horizont.

Als wichtigstes Gesamtergebnis der Untersuchung über die Nebelsignale bleibt nach MOHN die Unzulänglichkeit der Signalisierung mittelst des Schalles in der Luft bestehen. Äußerste Vorsicht, wenn kein Signal gehört wird, muß für den Schiffsführer oberstes Gebot sein; denn alsdann kann er sich ebensowohl in Lee, als zu Luvard oder Dwars von der Signalstelle befinden. „So wie die Sachlage jetzt ist, haben genauere Untersuchungen über die jetzigen Nebelsignale vielleicht eine größere Bedeutung für die Erforschung der Fortpflanzung des Schalles in der Luft als physische Erscheinung, als für die Aufstellung von Regeln für die Navigation im Nebel“. Insbesondere werden weitere Versuche, wenn sie mit ausgiebigen meteorologischen Beobachtungen verbunden werden, vielleicht eine Lösung der Frage des Luftechos herbeiführen helfen.

Mit dieser Ansicht MOHNS dürfte es gerechtfertigt sein, wenn hier einmal etwas ausführlicher über die Sache berichtet wurde. Zum Schluß sei noch eine hübsche Anwendung von MOHNS Grundgedanken auf die Hörbarkeit des Donners angefügt, die von MEINARDUS (*Met. Zeitschr.* 1894, 14) herrührt.

Man wird nur noch selten auf Donner rechnen können, wenn 40 bis 50 Sekunden nach dem Erscheinen des Blitzes donnerlos verstrichen sind, was einer Entfernung von etwa 15 km entsprechen würde. Diese Hörweite ist für die mächtige Schallquelle des Donners eine so kurze, daß man sie nicht gut auf die Schwächung des Schalles durch die Ausbreitung zurückführen kann. Daß wir so bei manchem Wetterleuchten die schärfsten Blitze durch die Atmosphäre zucken sehen, ohne eine Spur des Donners zu vernehmen, wird seinen Grund vielmehr wohl auch darin haben, daß der Schall des Donners an den unteren Luftschichten mit größerer Fortpflanzungsgeschwindigkeit total reflektiert wird und nun über unseren Köpfen dahingeht. Im Einklang damit kann man von einem Ballon oder auf Bergen tatsächlich den Donner auf weitere Entfernungen hören, als in der Ebene.

MEINARDUS zeigt nun, wie sowohl vor als auch nach einem Gewitter die atmosphärischen Bedingungen für die Herausbildung eines Schallschattens wirklich vorhanden sind, indem der Wind auf das Gewitter zuzuwehen pflegt und die Temperaturabnahme mit der Höhe ebenfalls besteht. Nimmt man in Übereinstimmung mit mittleren Verhältnissen als Zunahme für die Windgeschwindigkeit auf 100 m $\frac{1}{3}$ m vor, 1 m nach dem Gewitter an, und setzt man die Temperaturabnahme für 100 m auf $0,8^{\circ}$ C. vor und auf $0,5^{\circ}$ C. nach dem Gewitter, und die mittlere Höhe der Gewitterwolken zu 1400 m, so würde der Donner des heranziehenden Gewitters erst gehört werden, wenn das Gewitter sich auf 12 km genähert hat, bei 15 m-sek. Geschwindigkeit für das Gewitter also etwa 13 Minuten vor dem Ausbruch. Nach dem Gewitter würde die Hörweite sogar nur 8 km betragen. Das sind Zahlen, die sich den beobachteten Zahlen gut anpassen.

Da für die verschiedenen Punkte der Blitzbahn der Donner verschieden weit gehört wird, entsprechend der verschiedenen Erhebung der Schallquelle in diesen Punkten, so muß natürlich die Dauer des Donners, von den übrigen sie bestimmenden Ursachen abgesehen, auch von der jeweiligen Lage des Ortes im Hörbarkeitsbereiche abhängen. Nun ist öfters das Rollen der ersten und letzten Donner auffallend kurz, man wird alsdann wohl ein Recht zu der Annahme haben, daß der Beobachtungsort sich nahe bei der Hörbarkeitsgrenze für die höchsten Punkte der Blitzbahn befindet und daher für die tieferen Punkte der Blitzbahn bereits im Schallschatten liegt.

W. Stahlberg.

Wirkung der Selbstinduktion auf das Funkenspektrum. Die in *ds. Zeitschr.* XV 38 u. 367 beschriebenen Untersuchungen wurden von E. NÉCULŒA auf den ultravioletten Teil des Spektrums ausgedehnt. (*C. R.* CXXXIV 1494, 1572, CXXXV 25; 1902.) Es wurden die Funkenspektren verschiedener Metalle für Wellenlängen von 2700 bis 2000 untersucht. Theoretische

Erwägungen führten den Verf. zur Anwendung eines Spektralapparates, durch den es gelang, mit einem einzigen Quarzprisma von 60° , trotz der sehr schwachen Dispersion des Quarz, eine anscheinend stärkere Dispersion zu erzielen, als mit einem Gitter bei Benutzung des Spektrums erster Ordnung. Anstatt nämlich achromatische Linsen anzuwenden, benutzte der Verf. gerade die Eigenschaft der nichtachromatischen Linse, für Strahlen verschiedener Brechbarkeit verschiedene Brennweiten zu besitzen. Dieser „Fehler“ erwies sich hier als ein Vorteil; dieser wurde noch vergrößert dadurch, daß man (im Gegensatz zu den sonst geltenden Regeln) die Brennweite der photographischen Linse größer nahm als die Brennweite der Kollimatorlinse. Die Rechnung ergab nämlich, daß die Diakaustik, d. h. der Ort der verschiedenen Brennpunkte der photographischen Linse für den ultravioletten Spektralteil von $\lambda = 2700$ bis 2000 fast eine gerade Linie bildet und daß dieser geradlinige Teil bei den für die Linse gewählten geometrischen Konstanten nur sehr wenig gegen die optische Achse des photographischen Objektivs geneigt ist. Während jene Spektralregion mit achromatischen Linsen kaum einige Zentimeter Länge erreicht, erhielt der Verf. bei seiner Anordnung auf der photographischen Platte dafür eine Länge von 30 cm. Die mit diesem Vorzug verbundene geringere Schärfe der Linien wurde durch besondere Einrichtungen beseitigt.

Der elektrische Funke wurde durch einen Rühmkorff oder durch einen Rochefortschen Transformator erzeugt; seine Länge überschritt niemals 3 mm. Außerdem waren ein ebener Kondensator von variabler Kapazität und parallel dazu zwei Spulen von variabler Selbstinduktion eingeschaltet. Die Wirkung der Selbstinduktion auf die Spektrallinien jener ultravioletten Region war bei einer großen Anzahl von Metallen und Metalloiden sehr bemerkenswert. So verschwindet z. B. bei Bleielektroden bei geringer Selbstinduktion nur eine deutliche und diffuse Linie, während die anderen sich sehr verschieden verhalten. Bei Zink werden die Linien $\lambda = 2558$ und 2502 mit wachsender Selbstinduktion L schwächer und für $L = 0,4191 H$ sehr scharf, ohne zu verschwinden. Die Linien 2138 und 2102 sind für diesen Wert von L kaum, die anderen gar nicht mehr sichtbar. Bei Zinn sind namentlich zwei Linien ($2429,3$ und $2429,8$) bemerkenswert, die bei einer bestimmten Selbstinduktion ($L = 0,02543 H$) ein Minimum zeigen und dann wieder deutlicher werden. Über das weitere Verhalten der einzelnen Linien sei auf die Abhandlung selbst verwiesen.

Der Verf. warnt davor, bei spektroskopischen Untersuchungen für die notwendigen Verbindungen Drahtspiralen zu benutzen, weil sehr häufig die stärksten und charakteristischsten Linien eines Metalles durch die dann auftretende Selbstinduktion verschwinden. *Schk.*

Neuere Angaben zur Argongruppe. Über die neuen Elemente der Atmosphäre (vgl. *d. Zeitschr. VIII 219, IX 34, XII 35*) gaben W. RAMSAY und M. TRAVERS die weiter unten folgende Zusammenstellung der Gasdichten und Atomgewichte (*Chem. News 82, 257*). Metargon ist aus der Reihe der Elemente zu streichen, da es als ein durch Kohlenwasserstoffe verunreinigtes Argon erkannt wurde. Dieselben Verfasser brachten die inaktiven Gase („Edelgase“ Hugo Erdmanns) im periodischen Systeme in einer Gruppe zwischen den Halogenen und Alkalimetallen unter (*Zeitschr. f. ph. Ch. 38, 641—689*), und ermittelten weitere, ebenfalls in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellte physikalische Constanten (*Proc. Roy. Soc. 67, 329—333*):

	Helium	Neon	Argon	Krypton	Xenon
Gasdichte ($O = 16$)	1,98	9,97	19,96	40,88	64,00
Atomgewicht	3,96	19,94	39,96	81,76	128,00
Brechungsindex (bezogen auf Luft = 1)	0,1238	1,2355	0,968	1,449	2,364
Siedepunkt bei $p = 760$ (absol. Temp.)	—	—	86,9	121,33	163,9
Kritische Temperatur (absol.)	?	unter 68°	155,6	210,5	287,7
Kritischer Druck (Meter Quecksilber) .	?	?	40,2	41,24	43,5
Dampfdruckverhältnis	?	?	0,0350	0,0467	0,0675
Gewicht von 1 ccm Flüssigkeit (in g) .	?	?	1,212	2,155	3,52
Molekularvolumen (flüssig)	?	?	32,92	37,84	36,40

Sämtliche Gase erwiesen sich noch als einatomig. — J. DEWAR und LIVEING beschrieben die Spektren von Krypton und Xenon und teilten zugleich weiteres zu den Trennungsmethoden dieser ganzen Gasgruppe mit (*Proc. Roy. Soc.* 68, 389—398; *Jahrb. d. Ch.* XI 48, 1902).

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Das Problem des Weltstoffs bei Galilei. VON ERNST GOLDBECK. (*Vierteljahrsschr. für wissensch. Philos. und Soziol.* XXVI, 2.) Den Ausführungen der an scharfsinnigen Bemerkungen und Hinweisen reichen Abhandlung vermögen wir hier nur in den Hauptzügen zu folgen, und beabsichtigen durch den folgenden Bericht hauptsächlich zur Bekanntschaft mit der Arbeit selbst anzuregen. Diese beginnt mit einer Kennzeichnung der aristotelischen Lehre von einer himmlischen Substanz, die der Veränderung entzogen, ewig und vollkommen ist. Die Unterscheidung von himmlischer und irdischer Substanz hängt bei Aristoteles und noch mehr bei seinen scholastischen Nachfolgern aufs engste mit religiösen Stimmungen und Bedürfnissen zusammen. Ihr gegenüber tritt, zum Teil auf antike Anregungen zurückgreifend, die Behauptung, daß der Weltstoff überall gleichartig und von irdischer Natur sei.

Diese Lehre von der Gleichartigkeit des Weltstoffs ist zuerst durch Tycho Brahe in entscheidender Weise gefördert worden. Dieser häufig unterschätzte Zeitgenosse Galileis erhob bereits die Veränderlichkeit am Himmel, die von Aristoteles in Abrede gestellt worden war, über jeden Zweifel, indem er von dem 1572 erschienenen neuen Stern in der Cassiopeia nachwies, daß er mangels einer Parallaxe den Fixsternen zuzurechnen sei. Zur Bekräftigung dieser Lehre diente auch ein Komet von 1577, von dem Tycho sich das Gleiche nachzuweisen bemühte, und von dem er überdies feststellte, daß er die festen Sphären des Aristoteles durchkreuzte. Die Beseitigung dieser Sphären ist ein zweites dem Tycho zuzuschreibendes Verdienst. Der Verfasser knüpft hieran eine ausführliche psychologische Analyse Tychos, durch die der merkwürdige Mann in seiner eigentümlichen Stellung zwischen zwei Weltaltern und zwei Weltanschauungen uns menschlich nahe gerückt wird. Wir verstehen es, daß Tycho trotz jenes gewaltigen Eingriffs in das Lehrgebäude des Aristoteles doch aus religiöser Nötigung die besondere Natur der Himmelssubstanz nicht fallen lassen will und an der Vorstellung einer quinta essentia festhält; auch seine astrologischen Neigungen sind nicht so absurd, wie sie heut manchem erscheinen mögen, denn es liegt ihnen die Ahnung eines allumfassenden Naturzusammenhangs zu grunde. —

Galilei stellt die Frage nach der Gleichartigkeit des Weltstoffs an die Spitze seines Dialogs über die zwei Weltsysteme. Unter den hierbei zu widerlegenden aristotelischen Lehren spielt die Annahme, daß der Weltmittelpunkt im Innern der Erde liege, eine besonders wichtige Rolle. Diese Annahme wird von Galilei mit Gründen, die teils sich an Kopernikus anschließen, teils auf Lucrez und Plutarch zurückgehen, bekämpft. Eine zweite Stütze der aristotelischen Ansicht lag in der Unterscheidung der Bewegungen, derart, daß die geradlinige den irdischen, die kreisförmige den himmlischen Körpern zugeschrieben wurde. Galilei durchbrach diese Unterscheidung, indem er gemäß der kopernikanischen Auffassung auch für die Erde die Kreisbewegung in Anspruch nahm und demnach die Erde den himmlischen Körpern gleichstellte. Wichtiger aber als solche theoretischen Gründe gegen die alte Lehre waren die neuen Entdeckungen am Himmel, die Galilei ins Feld führen konnte. Dahin gehört der neue Stern vom Jahre 1604, bei dem Galilei, wie Tycho bei dem von 1572, das Fehlen einer Parallaxe nachwies, ferner die Entdeckung der Sonnenflecken durch Scheiner und Galilei im Jahre 1610, hinsichtlich deren Natur Galilei nach längerem Zögern die damals unerhörte Ansicht verteidigte, daß diese Flecken der Sonne selbst angehören. Nicht minder beweiskräftig waren die, wie die Entdeckung der Sonnenflecke dem Fernrohr zu verdankenden, neuen Kenntnisse von der Beschaffenheit der Mondoberfläche. Es erwies sich als unanfechtbar, daß die Mondoberfläche nicht spiegelglatt ist, sondern Höhen und Tiefen wie die Erdoberfläche zeigt. Den Einwand, daß der Mond, weil er das Sonnenlicht widerspiegeln, eine mathematisch genaue Kugelgestalt haben müsse,

widerlegt Galilei, indem er gerade aus diesem Einwand eine Bekräftigung für seine Ansicht entnimmt; denn eben daraus, daß die Mondoberfläche in gleichmäßig hellem reflektiertem Licht erstrahlt, ist zu schließen, daß sie keine mathematisch genau geschliffene, sondern eine rauhe, das Licht unregelmäßig diffundierende ist. Auch bei der Darlegung der terrestrischen Natur des Mondes spielen antike Einfüsse, namentlich der des Plutarch, mit. Andererseits erweist sich die Erde nicht bloß durch ihre kreisförmige Bewegung als ein Himmelskörper, sondern sie stellt sich den Planeten auch dadurch gleich, daß sie das Sonnenlicht wie diese reflektiert. Als Beweis hierfür dient ihm die schöne Entdeckung, daß das aschfarbene Licht des Mondes kurz nach der Konjunktion von der Erde reflektiertes Sonnenlicht ist, wohingegen die Planeten durch ihr Nichtselbstleuchten ihre der Erde verwandte Natur erweisen.

Zum Schlusse legt der Verfasser noch in lichtvollster Weise den Zusammenhang dar, in dem diese Leistungen mit der Lebensanschauung Galileis stehen, die in den Dialogen hauptsächlich durch die Person des Sagredo offen ausgesprochen wird. Es zeigt sich hier eine Abwendung von der früheren Geringschätzung des irdischen Daseins, die mit der aristotelischen Lehre eng verknüpft war. Galilei verteidigt mit glänzenden Worten die Vorzüge der irdischen Veränderlichkeit vor einer starren himmlischen Vollkommenheit. Eine dem irdischen Leben zugewandte Zeitströmung kommt in seiner Person und in seinem Forschen zum kräftigen Ausdruck; aber diese Geistesrichtung ist fern von Überhebung, denn sie ist mit grundsätzlicher Ablehnung des alten anthropozentrischen Standpunkts verknüpft. Eine besonnene Zurückhaltung kennzeichnet auch Galileis Verhalten in der Frage, ob die Materie aller Körper eine und dieselbe sei. Er war nicht gewillt, diesen Satz über den Bereich der Erfahrung auszudehnen, und lehnte alle Spekulationen, die über diese hinausgingen, ab. Der Satz von der Gleichartigkeit des Weltstoffs ist bei ihm kein Resultat der Erfahrung, sondern ein Postulat, dessen Gültigkeitsbereich durch jede neue Erkenntnis erweitert wird.

P.

4. Unterricht und Methode.

Die Induktion im Dienste des chemischen Unterrichts. Unter diesem Titel hat THEODOR KRUG (Barmen) in *Natur und Schule* 1902 Heft 7 und 8 ausführliche methodische Erörterungen und Anleitungen veröffentlicht¹⁾, die zur Aufklärung über den Begriff der induktiven Methode beitragen können. „Versuche, die nur dazu dienen, die Mitteilungen des Vortragenden zu bestätigen oder den Vortrag zu illustrieren, haben mit der Induktion absolut nichts gemein.“ „Verfolgen die Versuche den höheren Zweck, die Schüler durch eigene Versuche ein Bild von den chemischen Eigenschaften der Stoffe gewinnen zu lassen, so kann man ihnen zwar einen induktiven Charakter nicht absprechen; der Unterricht bewegt sich aber, wenn nichts Weiteres hinzutritt, nur auf der untersten Stufe der Induktion.“ „Die bei solchen Versuchen in Anwendung kommende Induktion ist eine stoffliche und zeitliche Generalisation, ein Schluß vom Teile auf den gesamten Stoff, vom einmaligen auf das allzeitige Verhalten dieses Stoffes.“ „Die stoffliche Generalisation . . . vollzieht sich ohne nennenswerten logischen Gewinn für die Schüler.“ „Ein Unterricht, der hauptsächlich auf solcher Generalisation beruht, aber die übrigen logisch wichtigeren Arten der Induktion außer acht läßt, kann bei Nichtsachverständigen den Schein strenger Durchführung der induktiven Methode erwecken, erfüllt aber selbst offenbar nur unvollständig seine Aufgabe.“

Das sind der Beachtung werthe, zum Nachdenken anregende Worte, die einer heut noch sehr verbreiteten Auffassung von dem Wesen der induktiven Methode entgegentreten. Was nun der Verfasser über jene unterste Stufe der Induktion hinaus vom induktiven Unterricht fordert, ist ein Doppeltes. Er verlangt eine Einführung in die beiden Grundformen „induktiven Schließens“, die er als generelle Generalisation und als Reduktion bezeichnet. Unter der ersteren versteht er den Schluß von dem Verhalten der einzelnen Arten auf das der Gattung. Als Beispiele dienen ihm u. a. folgende: „Pottasche, Soda, Kreide werden

¹⁾ Der Aufsatz deckt sich im wesentlichen mit der Programm-Abhandlung des Verfassers im Jahresber. des städt. R.-G. zu Barmen, 1900. Vgl. d. Zeitschr. XV, 123.

durch Essigsäure zersetzt; Pottasche, Soda, Kreide sind Karbonate; alle Karbonate werden durch Essigsäure zersetzt.“ Ferner: „Glaubersalz, Schwerspat, Gips verwandeln sich beim Erhitzen mit Kohle in Sulfide; Glaubersalz, Schwerspat, Gips sind Sulfate; alle Sulfate liefern beim Erhitzen mit Kohle Sulfide.“ Der Verf. erklärt eine solche Generalisation für berechtigt, wenn zwischen den Attributen der Einzeldinge und denjenigen Eigenschaften, die ihren Gruppencharakter bilden, ein Kausalzusammenhang besteht; wo ein solcher Zusammenhang nicht nachgewiesen sei, liege eine logisch unberechtigte Verallgemeinerung, ein Schluß aus der Analogie vor. Wir stimmen dem bei, weichen aber in der Anwendung dieses Prinzips von dem Verfasser beträchtlich ab. Wenn wir ihn recht verstehn, hält er schon die nachgewiesene Möglichkeit eines kausalen Zusammenhangs (Kohlendioxidgehalt und Zersetzung durch Essigsäure, Schwefelgehalt und Bildung von Sulfid) für ausreichend, eine Generalisation zu rechtfertigen. Wir müssen dagegen betonen, daß auch in den oben angeführten Beispielen (die der Verfasser zu den berechtigten Generalisationen rechnet) der Schluß nicht streng ist, ja, daß es in beiden Fällen tatsächlich Ausnahmen von dem gefundenen allgemeinen Satz gibt, auf die der Verfasser im weiteren Verlauf auch selbst hinweist (Magnesit und Essigsäure; Sulfate, die vor der Einwirkung der Kohle bereits durch die Hitze zersetzt werden). Überdies macht der Verfasser selbst auch geltend, daß je umfangreicher die Verallgemeinerung ist, desto zahlreicher „selbstverständlich“ auch die Ausnahmen sind. Wir sind der Meinung, daß man aufhören sollte, Generalisationen der bezeichneten Art als ein wesentliches Bestandteil der induktiven Methode anzusehn¹⁾. Das Festhalten an diesem Irrtum ist zumeist wohl darauf zurückzuführen, daß das dabei befolgte unvollkommene Schlußverfahren von jeher auch als „induktiv“ (epagogisch) bezeichnet worden ist (wohingegen die „induktive Methode“ der neueren Zeit angehört). Wir können der induktiven Methode und unseren Schülern keinen besseren Dienst erweisen, als wenn wir solche Generalisationen als unsicher und höchstens mehr oder weniger wahrscheinlich kennzeichnen. Nur wo wirklich ein kausaler Zusammenhang der oben angedeuteten Art nachgewiesen ist (d. h. wo mit Notwendigkeit eine Erscheinung aus einer gemeinsamen Eigenschaft der ganzen Gruppe folgt), läßt sich die Generalisation ausführen; dann aber ist das Wesentliche des induktiven Verfahrens in diesem Nachweis und nicht in dem sehr formalen Akt der Generalisation zu sehn.

Das Hauptgewicht legt auch der Verfasser auf die kausale Induktion oder Reduktion. Sie „geht, wie die Generalisation, vom Besondern aus, aber nicht um einen neuen allgemeinen Satz zu finden, sondern um einen bereits geltenden allgemeinen Satz zu finden, aus dem das Besondere auf syllogistischem Wege abgeleitet werden kann“. Ihr Ziel ist demnach nicht die Verallgemeinerung, sondern die „Begründung“. Als Beispiel wird das Absorptionsvermögen der Ackererde für Salze und die Zurückführung dieser Eigenschaft auf den Tongehalt angeführt. (Nicht glücklich ist jedoch die nur dem Syllogismus zuliebe eingeführte Definition: „Die Ackererde ist ein durch gewisse Substanzen verunreinigter Ton.“) Daß auch das Ergebnis der Reduktion niemals zuverlässig sei, muß bestritten werden; denn wir haben im Experiment ein Mittel, notwendige Koexistenz und Succession nachzuweisen. Die einfachste und für den Anfangsunterricht geeignetste Art der Reduktion ist die Reduktion durch Tatsachen (z. B. bei der Erklärung der Erscheinung, daß gipshaltiges Brunnenwasser durch organische Substanzen Schwefelwasserstoffgeruch annimmt). Schon mehr in das Gebiet der Reduktion durch Hypothesen gehört die Entscheidung, welche von den denkbaren Gleichungen für einen chemischen Vorgang (z. B. H_2SO_4 und KJ) diesem in Wahrheit zukommt. Das Arbeiten mit Hypothesen setzt im allgemeinen einen schon geschulten Geist voraus und wird daher vorwiegend der Oberstufe zufallen.

Von Untersuchungen der letzteren Art, die die Schüler im Laboratorium ausgeführt haben, teilt der Verfasser die folgende mit: „Welcher Vorgang findet statt, wenn man einen

¹⁾ Schon bei Bacon findet sich das verurteilende Wort „inductio, quae procedit per enumerationem simplicem, res puerilis est“. (Höfler, Grundlehre der Logik und Psychologie, Wien 1903, S. 125.)

mit Eisendraht umwickelten Zinkstab in Kalilauge bringt? a) Feststellung der Umstände: Am Eisendraht steigen Bläschen auf; diese nehmen beim Erwärmen an Menge zu; das Gas erweist sich als Wasserstoff. — b) Bedeutung der Umstände: Ein Zinkstab ohne Eisendraht zeigt die Wirkung nicht, dagegen ist der Eisendraht durch Platindraht ersetzbar. Der Zinkstab ist unbedingt nötig; Eisen mit Platindraht umwickelt liefert kein Gas. — c) Aufstellung einer Hypothese: Es findet eine galvanische Zersetzung statt; am Eisen scheidet sich H, am Zink O ab. — d) Folgerungen aus der Hypothese: Der Eisendraht muß blank bleiben; daß Zink muß sich mit Zinkoxyd überziehen und an Gewicht zunehmen. — e) Prüfung der Folgerungen: Der Eisendraht bleibt blank; aber auch das Zink bleibt metallisch und nimmt an Gewicht ab. — f) Änderung der Hypothese: Das gebildete Zinkoxyd wird durch die Kalilauge aufgelöst. — g) Prüfung dieser Hypothese: Ein Versuch lehrt, daß Zinkoxyd in Kalilauge löslich ist. In der Kalilauge des Hauptversuchs wird das Zink durch H_2S nachgewiesen. — h) Schlußbetrachtung: Ein Eisenstab mit Platin umwickelt müßte, da elektropositiv, gleichfalls Wasserstoff entwickeln; eine solche Entwicklung ist aber kaum bemerkbar, da Eisenoxyd in Kalilauge nicht löslich ist. Dagegen ruft ein mit Platin umwickelter Bleistab dieselbe Erscheinung hervor wie Zink, da Bleioxyd in Kalilauge löslich ist.“

Zu ähnlicher Behandlung sind vom Verfasser noch die folgenden Aufgaben verwendet worden: Welche Vorgänge finden statt, wenn man Chlor in eine alkalische Bleilösung leitet — wenn man Zink in einem Gemisch von verdünnter Schwefelsäure und Salpetersäure löst — wenn man Schwefelsäure auf Kaliumjodid einwirken läßt — wenn man Silbersulfid mit Kupferchloridlösung behandelt — wenn man Natriumhyposulfit auf Kaliumbichromat, Ferrosulfat auf Silbernitratlösung wirken läßt? Der Verfasser mißt mit Recht solchen Untersuchungen, mögen sie vom Lehrer im Unterricht oder von Schülern im Laboratorium angestellt werden, einen hohen pädagogischen Wert bei, namentlich insofern sie die Schüler mit den Grundzügen induktiver Forschung auf induktivem Wege bekannt machen. Ein Unterricht dieser Art wird ohne Zweifel in hervorragendem Grade geeignet sein, die Schüler logisch zu schulen und für das Leben auszubilden; denn „das induktive Denken, ungleich schwieriger als das deduktive, beherrscht alle Verhältnisse des täglichen Lebens“.

Der Verfasser hält es andererseits nicht für ratsam, den Lehrgang rein induktiv zu gestalten, d. h. ihn aus einer Reihe lediglich induktiver Untersuchungen zusammenzusetzen. Demgegenüber ließe sich geltend machen, daß das deduktive Denken in anderen Fächern hinreichend geübt ist und auch in den Lauf der induktiven Methode fort und fort eingreift, sodaß eine Notwendigkeit besonderer Berücksichtigung nicht vorliegt. Immerhin wird man in gewissen Fällen die Deduktion bevorzugen. Die Atomtheorie kann man überhaupt nicht induktiv einführen; sie ist, wie jede Hypothese, ein Erzeugnis der wissenschaftlichen Phantasie, nicht (wie der Verfasser will) einer induktiven Ableitung. Es ist daher gerechtfertigt, sie in dogmatischer Form zu geben und die Verbindungsgesetze daraus deduktiv abzuleiten. Es sollte aber nicht versäumt werden, darauf hinzuweisen, daß es sich bei der Atomtheorie nach heutiger Auffassung nur um ein Bild handelt, das zur Darstellung der Erscheinungen ganz besonders gut geeignet ist.

Zum Schlusse sei bemerkt, daß der Verfasser sich doch zu sehr an ältere Darstellungen der induktiven Logik gehalten hat; daher ist besonders die wichtige Rolle der Exklusion nicht hinreichend gewürdigt worden.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Neue elektromagnetische Bewegungsmechanismen. Bereits im Jahre 1856 beobachtete W. Thomson an *Fe* und *Ni* eine eigentümliche Änderung ihres elektrischen Leitungswiderstandes in einem magnetischen Felde; spätere Versuche von Tomlinson (*Wied. Beibl. VI, 291, 1881*) ergaben ein ähnliches Verhalten von Drähten aus *Fe*, *Ni*, *Co* und *Bi* bei longitudinaler Magnetisierung in Spulen. Bei weiterer Untersuchung dieser besonders bei *Bi* sehr ausgeprägten Erscheinung erhielt Righi 1883 an senkrecht zu den Kraftlinien stehenden *Bi*-Platten Widerstandszunahmen bis zu 12%, Ettinghausen fand sogar 1887 bei sehr reinem *Bi* in

einem Felde von 11 000 C.G.S. Einheiten eine solche von 40 %, während Legierungen von *Bi* mit *Zn*, *Pb* und *Cd* diese Eigenschaft nur in weit geringem Grade besaßen.

Infolge Ausgestaltung der Theorie der dynamoelektrischen Maschinen und der steigenden Bedeutung magnetischer Untersuchungen stellte sich das Bedürfnis nach bequemen Verfahren zur Ermittlung der Stärke magnetischer Felder heraus, und Ledue schlug hierfür (1886 u. 87) die Verwendung des *Bi* in Drahtform eben wegen der oben geschilderten Eigenschaft vor. *Bi* schmilzt bei 265° C., den Bemühungen Howards und besonders Lenards (*Wied. Ann.* 39, 619, 1890) gelang es denn auch, durch Pressung reinen *Bi*-Draht von $\approx 0,5$ mm Stärke herzustellen, welcher in die Form flacher Biflarspulen von $5 \div 20$ mm Durchmesser und $\approx 10 \Omega$ Widerstand gebracht wurde. Solche Spulen zwischen Glimmerscheibchen an einem passenden Griff befestigt — ≈ 1 mm dick — lassen sich recht gut zu Feldstärkemessungen verwenden und werden hierfür von der Firma Hartmann & Braun angefertigt. Genauere Untersuchungen über das Verhalten solcher Wismutspiralen stellten dann Lenard und besonders Brugger an (*Industries vom 12. Mai 1893*). Es zeigte sich hierbei, daß sich zwar die Widerstandsänderung als Funktion der Feldstärke graphisch gut darstellen läßt, eine genaue Formulierung des hierfür geltenden Gesetzes aber nicht zulässig ist, wenn auch die so erhaltenen Kurven für verschiedene Spiralen bis auf $1 \div 2\%$ übereinstimmen. Der Widerstand wächst anfangs beschleunigt, von etwa $\mathfrak{H} = 10\,000$ an gleichförmig, um bei $\mathfrak{H} = 20\,000 \div 23\,000$ das Doppelte des Anfangswertes zu erreichen. Setzt man für $\mathfrak{H} = 0$ den Widerstand $W = 1$, so ist der Verlauf etwa folgender:

$\mathfrak{H} =$	0	2000	4000	8000	12 000	16 000
$W =$	1,000	1,045	1,14	1,3	1,48	1,67
	1,000	1,049	1,126	1,316	1,527	1,74

Die Angaben der letzten Reihe sind Mittelwerte; die beiden gegebenen Zahlenreihen lassen einen Schluß auf die vorkommenden Verschiedenheiten zu. Beistehende Fig. 1 gibt eine solche Eichungskurve wieder; die Widerstandszunahme beträgt im Mittel 5% für $\Delta \mathfrak{H} = 1000$ Kraftlinien. Es ist nach Versuchen von Lenard nicht gleichgiltig, welches Verfahren man zur Widerstandsbestimmung anwendet, da *ceteris paribus* sich ganz verschiedene Widerstandswerte ergeben, je nachdem man mit Wechselstrom und Telephone oder mit Gleichstrom mißt.

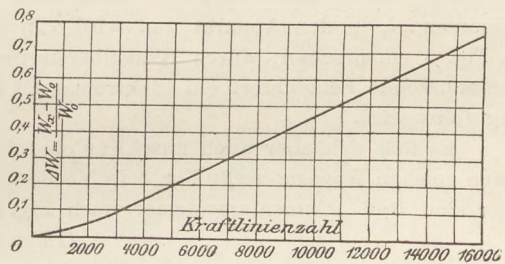


Fig. 1.

Nachdem nun der Verlauf der Erscheinung genügend festgestellt und sich die Widerstandszunahme als unter Umständen recht beträchtlich ergeben hatte, ferner auch die Frage der Herstellung von *Bi*-Draht in befriedigender Weise gelöst war, lag es nahe, weitere Verwendung hierfür zu suchen. Denken wir uns, wie in Fig. 2 gezeichnet, zwei gleiche Wismutspiralen mit zwei ebenfalls gleichen Kupferdrahtspulen paarweise zu zwei parallelen Zweigen von gleichem Widerstande verbunden und nun eine der *Bi*-Spiralen in ein starkes Feld gebracht, so hört die vorher herrschende Gleichheit der beiden Teilströme durch die infolge der Widerstandsvermehrung in dem einen Kreise hervorgebrachte Stromabnahme auf; die äußeren Wirkungen der Kupferspulen heben sich — bei passender Anordnung — nun nicht mehr auf. Wir haben also vor uns: ein System, bei welchem durch äußere Kräfte eine ihrem Sinne nach umkehrbare innere Gleichgewichtsstörung mit äußerer Wirkung hervorgebracht werden kann, d. h. die Grundlage für einen elektromagnetischen Bewegungsmechanismus. Die vorstehende Definition gilt auch für die gewöhnlichen Elektromotoren; hier entspricht den Kupferspulen: der Anker, den Wismutspiralen: der Kollektor; die Faradayschen sog. Unipolarrotationsapparate, das Barlowsche Rad (*vergl. Müller-Pouillet, 9. Aufl., III, 698 ff. — Ebert, Magnetische*

Kraftfelder, 202/3) stellen danach bloß je ein halbes solches System dar, weswegen hier, wenn Strom und Feld vorhanden, Drehung nur in einem Sinne eintreten muß. Nach dem Lenzschen Gesetze müßte daher wie jene auch ein System Kupfer-Wismut nach Fig. 2 umkehrbar sein, d. h. bei mechanischer Bewegung einen Strom geben.

Elektromagnetische Bewegungsapparate mit *Bi*-Spiralen, bei denen also ein Kommutator in Fortfall kommt, sind nun auch in neuerer Zeit von Brugger hergestellt und beschrieben worden (*E.T.Z. XXIII*, 581/4, 1902). Zunächst handelt es sich um einen Apparat mit Pendelbewegung, genau nach dem Schema Fig. 2, dargestellt in Fig. 3 (vergl. *E.T.Z.*, a. a. O. Fig. 9 und 10, S. 584) im Grundriß. Die beiden Wismutspiralen a_1 , a_2 sind an dem einen Ende

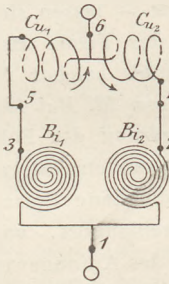


Fig. 2.

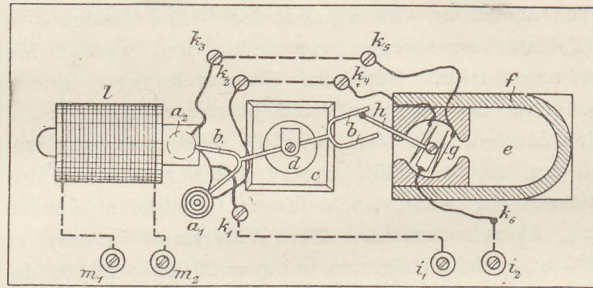


Fig. 3.

eines beiderseitig gabelförmig gestalteten Hebels bb befestigt, welcher in einer auf dem Holzklotze c angebrachten Lagerung d um eine senkrechte Achse schwingen kann; auf einem zweiten Holzsockel e ist der Hufeisenmagnet f befestigt, zwischen dessen Polschuhern die beiden Kupferspulen g ebenfalls um eine senkrechte Achse schwingen können. Bei ihrer Drehung bewegen sie durch den mit ihnen fest verbundenen Hebel h , welcher in die eine Endgabel des Hebels b eingreift, die Spulen $a_1 a_2$ hin und her; der Strom tritt durch die Klemmen $i_1 i_2$ in den Apparat und wird von den Klemmen k_1+k_5 , welche den Punkten 1+5 in Fig. 2 entsprechen, durch Blattsilberstreifen den Spulen zugeführt. Das die *Bi*-Spulen beeinflussende Feld liefert ein Elektromagnet l , welchem der Strom gesondert durch $m_1 m_2$ zugeführt wird.

Es läßt sich aber auch unschwer eine fortdauernde Drehung in einem Sinne erzielen; einen solchen Apparat zeigt Fig. 4 in Vorderansicht (*Brugger*, *E.T.Z.* a. a. O., Fig. 7 u. 8, S. 583). Hier sind drei „Elementarsysteme“ nach Fig. 2 vereinigt; die 6 *Bi*-Spiralen sind auf einer Glimmerscheibe a angebracht, welche gemeinsam mit

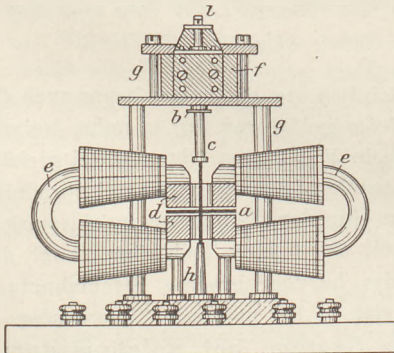


Fig. 4.

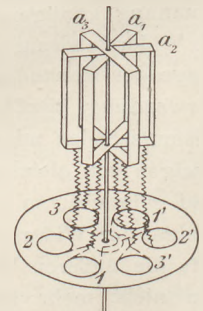


Fig. 5.

den zugehörigen *Cu*-Spulen b auf einer senkrecht stehenden Achse c befestigt ist. Die Glimmerscheibe dreht sich zwischen zwei halbkreisförmigen Polschuhern d , welche von 4 gleiche Winkel miteinander bildenden Hufeisenmagneten ee magnetisiert werden — in der Figur sind nur die beiden vorderen Magnete sichtbar; die *Cu*-Spulen drehen sich zwischen den Polschuhern eines Hufeisenmagneten f , der von einem festen Gestelle g getragen wird. Die Drehungsachse ist unten in einer Pfanne aus einer harten *Pt*-Legierung auf der Säule h , oben in der Feder l gelagert, die Stromzuführung zu den Systemen erfolgt durch die Lager — entsprechend k_1 und k_5 in Fig. 3 — weswegen die Achse aus zwei von einander isolierten Teilen bestehen muß. Die Anordnung

der Elementarsysteme ist schematisch in Fig. 5 dargestellt; $a_1 a_2 a_3$ sind die *Cu*-Doppelspulen (vergl. Fig. 3), um gleiche Winkel gegeneinander versetzt einen Trommelanker bildend, 1, 1', 2, 2', 3, 3' die zugehörigen drei Paare von *Bi*-Spiralen, je zwei benachbarte um 60° von einander abstehend; die Einrichtung ist so getroffen, daß die Polschuhe *d* eine Hälfte der Glimmerscheibe zwischen sich haben, demnach immer die Hälfte der Wismutspiralen sich im Felde befindet.

Bezüglich der in Betracht kommenden Größen ist folgendes zu bemerken. Die Widerstände sind so bemessen, daß $W_{Cu} : W_{Bi} = 1 : 10$. Das Feld für die *Bi*-Spiralen besitzt eine Stärke von etwa 9000 C.G.S.-Einheiten; dadurch wird W_{Bi} um fast 40% erhöht, demnach zwischen den beiden entgegengesetzt wirkenden Strömen eine Differenz durch Überwiegen des einen um $\sim 35\%$ über den anderen hervorgerufen, was eine ziemlich lebhafte Bewegung veranlaßt. Die wirksame Stromstärke beträgt 40–70 Milli-Ampères. Die *Bi*-Widerstände müssen aus dünnem Drahte hergestellt sein, da nur bei genügend schmalen Interferrikum sich das nötige starke Feld in einigermaßen rationeller Weise erzeugen läßt, dies setzt aber andererseits der Betriebsstromstärke Grenzen, da unter Berücksichtigung der Abkühlungsverhältnisse jede merkliche Erwärmung vermieden werden muß, wenn die Widerstandsänderungen konstant und ausreichend sein sollen.

Es war vorhin die Verbindung von je zwei *Bi*- und *Cu*-Spulen in der beschriebenen Weise als ein „Elementarsystem“ bezeichnet worden. Dies ist berechtigt, da die besprochene Anordnung bei Benutzung der in Rede stehenden Erscheinung die einfachste ist, welche der aufgestellten Definition genügt, dieser Begriff läßt sich aber noch weiter festlegen. Wir haben „aktive“ und „passive“ Teile zu unterscheiden, derart, daß die Wirkung der aktiven „nach außen“ abhängt von einer Einwirkung auf die passiven „von außen“. Im vorliegenden Falle sind die *Bi*-Spiralen passiv, die beiden um 180° gegen einander gedrehten *Cu*-Spulen aktiv; das der Definition genügende Elementarsystem der gebräuchlichen Elektromotoren besitzt nur eine einzige Spule, passiver Teil wäre der — zweiteilige — Kommutator, die äußere Einwirkung die einen Stromrichtungswechsel bewirkende Umschaltung. Es läßt sich aber die gleiche Betrachtungsweise auch auf eine ganz andere Gruppe elektrischer Bewegungsapparate ausdehnen. Schon Gilbert (1540–1603) wußte, daß Eisen bei Rotglut vollkommen unmagnetisch und unmagnetisierbar ist; 1869 beobachtete Gore, daß vorher bis zu heller Rotglut erhitzter Eisendraht beim Abkühlen, dunkelrot geworden, sich plötzlich ausdehnt, um sich dann weiter zusammenzuziehen, und 1873 fand Barrett die mit dem Goreschen Phänomen im Zusammenhang stehende „Rekaleszenz“ (vergl. Ewing, *Magnet. Induktion in Eisen und verwandten Metallen*, 158 ff., 1892), d. h. das Wiederaufleuchten des sich abkühlenden Eisens bei einer bestimmten Temperatur infolge innerer Wärmeentwicklung. Wertvolle Untersuchungen über diese auf eine Zustandsänderung deutende Erscheinung veröffentlichte Osmond (1888), besonders aber beschäftigte sich Hopkinson (*Phil. Trans. 1889 A*) mit dem Einfluß derselben auf die magnetischen Eigenschaften des Eisens; es zeigte sich, daß Eisen und Stahl beim Erhitzen bei einer bestimmten, der sogen. „kritischen Temperatur“ vollständig ihre Permeabilität verlieren. Diese kritische Temperatur liegt je nach seinen Beimengungen für *Fe* zwischen 690° und 870°, für unreines *Ni* bei etwa 310°, doch ist der Gang der Permeabilität als Funktion der Temperatur unterhalb der kritischen sehr abhängig von der magnetisierenden Feldstärke (vergl. Ewing, *a. a. O. Fig. 78, 80, S. 164 u. 165*), bei $\mathfrak{H} = 0,3$ fand Hopkinson z. B. für die Temperaturen $t_1 = 775^\circ$ und $t_2 = 786^\circ$ die Permeabilitäten $\mu_1 = 11\,000$ und $\mu_2 = 1,1$. Eine Verminderung der Permeabilität μ ist gleichbedeutend mit einem Anwachsen ihres Reziproken $1/\mu$: des magnetischen Widerstandscoeffizienten oder der „Reluktivität“ ξ ; als Beispiel sind in nachstehender Tabelle einige für ein mittleres \mathfrak{H} an Eisen mit mittlerer kritischer Temperatur erhaltene Werte von μ und ξ gegeben:

$t =$	100	200	400	600	750	785
$\mu =$	2580	2620	2700	2760	2160	0
$\xi =$	0,000387	0,000382	0,000370	0,000362	0,000463	1

Der Verlauf von ξ ist in Fig. 6 dargestellt; steigende Temperatur hat also eine Vergrößerung des magnetischen Widerstandes, der „Reluktanz“, zur Folge, es sind demnach auch hier die Grundlagen für die Konstruktion von Bewegungsmechanismen nach der gegebenen Definition vorhanden. Die primäre äußere Einwirkung ist die Erwärmung, die

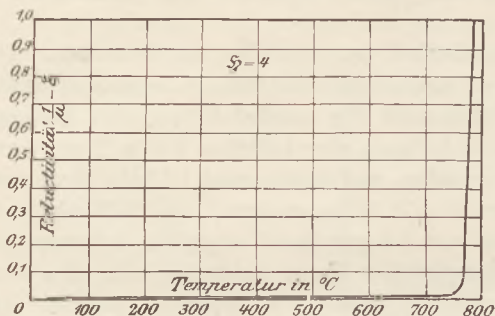


Fig. 6.

innere Veränderung die Verringerung der Permeabilität, eine Wirkung, durch welche der Zustand des passiven Teiles selber hinsichtlich seiner äußeren Wirkung (seinem Verhalten einem Magneten gegenüber) beeinflusst wird, wir haben demnach hier den Fall, aktiven und passiven Teil zusammenfallen lassen zu können. Nachdem Stefan bereits 1871 auf die Anwendbarkeit dieser Eigenschaft des Eisens für Motoren hingewiesen hatte, stellten Houston und E. Thomson 1879 einen solchen einfacher Art wirklich her; 1884 konstruierte Mac

Gee ein thermomagnetisches Rad, 1888 Stefan ein solches unter Anwendung von Ni. Besonders beschäftigte sich Edison mit der Frage der Konstruktion thermomagnetischer Motoren (1887), wie ein solcher in Fig. 7 schematisch dargestellt ist (vergl. Müller-Powillet, 9. Aufl., III, 977). Zwischen den beiden entgegengesetzten Polen aa befindet sich an einer senkrechten hohlen Achse b der aus dünnwandigen, der Achse parallelen Eisenröhren zusammengesetzte Anker c ; ein unter 45° gegen die magnetische Achse versetzter Schirm d gestattet den aus dem Ofen e aufsteigenden heißen Gasen den Durchgang nur durch zwei in demselben Sinne seitlich von der magnetischen Achse gelegene Quadranten des Ankers c , welcher somit infolge Anziehung der beiden kalten Quadranten in fortlaufende Drehung — von oben gesehen: im Sinne des Uhrzeigers — versetzt wird. (Genau den oben besprochenen Apparaten würde ein solcher Motor erst entsprechen, wenn der Anker mit einer fortlaufenden, in sich geschlossenen und dauernd von einem in Stärke und Richtung unveränderlichen Strom durchflossenen Wicklung versehen wäre und der Schirm d stets eine Hälfte des Ankers in toto verdeckte; dann wäre es erst ein eigentlicher elektromagnetischer Rotationsapparat, und zwar genau analog den gebräuchlichen Motoren, insofern Heizung und Schirm die gleiche Wirkung wie ein Kollektor gäben.) Man kann jedoch nach dem thermomagnetischen Prinzip auch Apparate bauen mit zwei parallelen magnetischen Zweigen, bei denen durch Erwärmung eine andere Verteilung des Kraftlinienflusses in

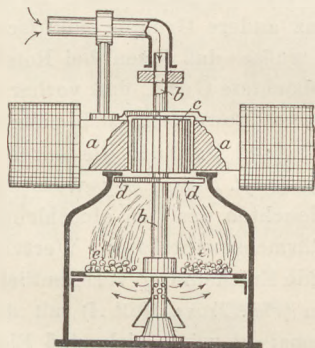


Fig. 7.

diesen hervorgerufen wird; eine solche, wohl fast unbekannt Anordnung hat Tesla angegeben, bei der jedoch beide Zweige nicht gleichwertig sind (Maser-Martin, Teslas Untersuchungen, Fig. 236 u. 237, S. 437. Halle, W. Knapp. 1895.)

Zum Schlusse sei noch eine vergleichende Zusammenstellung der besprochenen drei Gruppen elektrischer Bewegungsmechanismen nach der vorgetragenen neuen Betrachtungsweise gegeben:

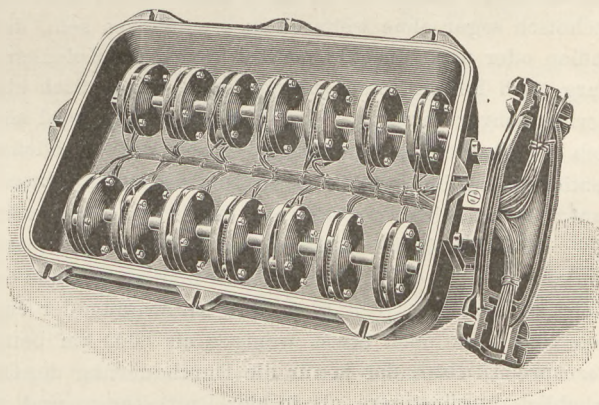
Bezeichnung der Gruppe	Wirkung „von außen“	Innere Veränderung	Wirkung „nach außen“
Elektromagn. Motoren	Umschaltung	Stromwendung	Feldumkehr
Elektroresistenz-Motoren	Widerstandsänderung	Stromänderung	Feldeinseitigkeit
Thermomagn. Motoren	Erwärmung	Permeabilitätsverminderung	Verminderte Anziehung.

Wie leicht einzusehen, ist bei diesen Apparaten eine verschiedene Umkehrbarkeit denkbar, 1. indem man, statt Bewegung zu erzeugen, die Vorrichtung mechanisch in Bewegung setzt, 2. indem aktive und passive Teile ihre Rollen tauschen. *B. v. Czudnochowski.*

Eine epochemachende Neuerung im Fernsprechwesen. (Vergl. *Elektrot. Zeitschr.* 1902, No. 49.) Bekanntlich waren den Entfernungen, über welche man bisher zu telephonieren vermochte, ziemlich enge Grenzen gesteckt. Ein Telephonieren war bisher günstigstenfalls nur auf einige Hundert Kilometer möglich, und die längste Entfernung, über die ein öffentlicher Fernsprechbetrieb bestand, betrug in Europa, auf der Strecke Berlin—Paris, 1200 km. Der Grund für diese Begrenzung der Übertragbarkeit telephonischer Gespräche liegt in der Tatsache, daß der die Sprache übermittelnde, schon an und für sich sehr schwache Wechselstrom in der Telephonleitung „abgedämpft“ wird, und zwar in um so stärkerem Maße, je länger die Leitung ist. Diese Abdämpfung rührt von der elektrostatischen Kapazität der langen Luftleitungen und besonders der Kabel und den damit verknüpften Energieverlusten durch Joulesche Wärme her. Es ist nun aber möglich, diese Dämpfung dadurch erheblich zu verringern, daß man in die Leitung in gewissen Entfernungen Spulen von bestimmter Beschaffenheit einschaltet. Indem diese die Selbstinduktion der Leitung beträchtlich erhöhen, drücken sie die Intensität der Ladungsströme und damit auch die Wärmeverluste in der Leitung so sehr herab, daß der Dämpfungsfaktor beträchtlich verkleinert wird.

Durch theoretisch-mathematische Betrachtungen ist nun im Jahre 1900 Prof. MICHAEL J. PUPIN von der Columbia University in New York dazu geführt worden, die Größe und Beschaffenheit der Spulen, sowie die Entfernungen, in welchen man sie in die Telephonleitungen einschaltet, je nach der Länge der elektrischen Wellen, welche man durch die Leitung zu übermitteln beabsichtigt, derart abzumessen, daß die elektrischen Wellen an keiner Stelle „reflektiert“ und somit ganz oder teilweise unwirksam gemacht werden. Überdies wird durch die Erhöhung der Selbstinduktion eine gleichmäßige Dämpfung der verschiedenen Schwingungen der Sprechströme bewirkt, was für die Reinheit der übertragenen Sprache von großer Bedeutung ist.

Die Pupinschen Patente sind von Siemens & Halske erworben und in zahlreichen Versuchen, die z. T. nur durch ein weitgehendes Entgegenkommen der Deutschen Reichspost ermöglicht wurden, als über alles Erwarten brauchbar befunden worden. Nach vielen Vorversuchen im Laboratorium erprobte man die Theorie praktisch zuerst an einem längeren in Deutschland vorhandenen Fernsprechkabel (die meisten Telephon-Fernleitungen sind nicht Kabel, sondern Luftleitungen). Dieses Kabel ist zwischen Berlin und Potsdam verlegt und hat eine Länge von 32,5 km. Von den 28 je 1 mm starken Doppelleitungen des Kabels wurden 14 nach dem Pupinschen System mit Spulen ausgerüstet, von denen je eine auf 1300 m Länge der einzelnen Adern entfiel, während die übrigen 14 Adernpaare im bisherigen Zustand belassen wurden. In der beistehenden Figur ist die Anordnung der Spulen im Innern des Kastens gezeigt, wie er an den einzelnen Punkten eingeschaltet wurde. Der Unterschied war überraschend; es zeigte sich, daß die Sprachlautheit bei 5 hintereinandergeschalteten Adernpaaren mit Spulenausrüstung, also auf eine Entfernung von $5 \times 32,5 = 162,5$ km noch dieselbe war, wie bei einem einzigen Adernpaar ohne Spulenausrüstung. Ja, selbst über 13 hintereinandergeschaltete Adernpaare, also über eine Entfernung von $13 \times 32,5 = 422,5$ km, war noch eine zwar leise, aber praktisch brauchbare Verständigung



möglich. Diese Entfernung würde ungefähr der Strecke Berlin—Fulda oder Berlin—Dirschau oder Magdeburg—Cöln entsprechen. Daß man über derartig große Strecken durch Kabel telephonieren könne, hätte man bisher nicht für möglich gehalten.

Ebenso günstig erwies sich die Anwendung des Pupin-Systems bei Freileitungen. Für diese Versuche stellte die Reichspost eine 150 km lange Bronze-Luftleitung von 2 mm Durchmesser zwischen Berlin und Magdeburg zur Verfügung, in welche von Siemens & Halske auf je 4 km Entfernung eine Spule eingeschaltet wurde. Es ergab sich, daß man durch diese verhältnismäßig sehr einfache Vorrichtung eine größere Lautstärke der Sprache erhielt, wie auf einer 3 mm starken Leitung ohne Spulenausrüstung.

Daß die wirtschaftlichen Vorteile sehr große sein müssen, wenn man künftig 3 mm starke und selbst noch dickere Leitungen durch 2 mm starke ersetzen kann, um ein gleich gutes und vielleicht ein noch besseres Resultat als bisher auf gleich große Entfernungen zu erzielen, liegt auf der Hand — die durch die Anbringung der Spulen bedingten Kosten sind unbedeutend im Verhältnis zu dieser großen Ersparnis.

Über längere Linien sind Versuche erst in der Vorbereitung begriffen. Nach den bisherigen glänzenden Versuchsergebnissen und der völligen Übereinstimmung zwischen den theoretisch geforderten und den praktisch gefundenen Werten kann das Resultat der neu geplanten Experimente von vornherein keinen Augenblick zweifelhaft sein; ja es läßt sich mit Sicherheit vorhersagen, daß das praktische Ergebnis bei längeren Leitungen verhältnismäßig ein noch günstigeres sein wird als auf der kürzeren Linie Berlin—Magdeburg; denn die Größe der erzielten Verbesserung wächst mit der Länge der benutzten Leitung.

Was aber eine 4- bis 5-fache Verstärkung der Sprachlautheit zu bedeuten hat, mag an einigen Beispielen erläutert werden. War es bisher möglich, auf 1200 km Entfernung von Berlin nach Paris zu telephonieren bei Benutzung einer 5 mm starken Luftleitung, so vermag man jetzt auf die 5-fache Entfernung, auf 6000 km, verständlich zu telephonieren, bei Benutzung einer 6 mm starken Leitung sogar auf ca. 8000 km. Ein Fernsprechverkehr von Berlin mit London, mit Kopenhagen, Stockholm, Christiania, Petersburg, Moskau, Madrid, Rom, Athen, Konstantinopel und anderen Orten, ja, ein Fernsprechverkehr zwischen allen beliebigen Hauptorten Europas rückt nicht nur in den Bereich der Möglichkeit, sondern dürfte sogar zweifellos in nicht allzu ferner Zeit Tatsache geworden sein. Ja es würde technisch sogar ohne weiteres zu ermöglichen sein, daß man von Berlin nach Ägypten oder Indien oder nach unseren meisten deutschen Kolonien in Afrika, vielleicht sogar von Petersburg nach Peking telephonieren kann. Theoretisch hindert nichts an der Ausführung solcher Fernsprechverbindungen — ihre Verwirklichung wird also lediglich eine Geldfrage sein. Sollte sich die Überzeugung herausbilden, daß die erheblichen Kosten einer derartigen Anlage sich rentieren würden (was einstweilen freilich unwahrscheinlich ist), so kann sie jederzeit in praktisch brauchbarer Weise zur Ausführung gebracht werden.

Ein Telephonieren über den atlantischen Ozean hinweg, an das man in erster Linie denken wird, ist dagegen, nach dem heutigen Stande der Versuche zu urteilen, vorläufig noch nicht zu erzielen. Wenngleich die Entfernung der englischen oder der französischen Küste von New York noch etwas weniger als 6000 km beträgt, so sind doch die Verhältnisse im Fernsprechkabel, das ja für die Durchquerung des Ozeans allein in Frage kommen könnte, erheblich ungünstigere als in der Luftleitung, und man dürfte vorläufig schwerlich über mehr als einige Hundert Kilometer Seekabel telephonieren können — selbst wenn die großen technischen Schwierigkeiten, ein Kabel mit Spulenausrüstung in ein Meer von größerer Tiefe zu versenken, sollten überwunden werden können. — Immerhin ist eine telephonische Verbindung etwa zwischen London und New York zweifellos erheblich mehr in den Bereich der Möglichkeit gerückt als bisher, und da ja die ganze „Pupin-Telephonie“ noch in den ersten Anfängen steckt, so darf man ihr wohl noch eine sehr große Zukunft prophezeien und manche Überraschungen von ihr erwarten.

R. Hennig.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1901. Dargestellt von der deutschen physikalischen Gesellschaft. 57. Jahrgang. I. Abteilung: Physik der Materie, red. von Karl Scheel. 38 und 421 S. M 17. II. Abteilung: Physik des Äthers, red. von Karl Scheel. 64 und 810 S. M 39. III. Abteilung: Kosmische Physik, red. von Rich. Assmann. 58 und 610 S. M 24. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1902.

Dank den Bemühungen der Herausgeber und Mitarbeiter ist dieses umfangreiche Werk wiederum geraume Zeit vor Ablauf des auf das Berichtjahr folgenden Jahres fertig gestellt worden. Dabei ist der Umfang gegen das Vorjahr trotz der Ausscheidung des chemischen und technischen Materials nicht unbeträchtlich gewachsen. Wer auf irgend einem Gebiet der physikalischen Forschung sich über die Fortschritte des letzten Jahres unterrichten will, wird das Werk nicht entbehren können. P.

Lehrbuch der Experimentalphysik. Von E. von Lommel. 8. und 9. überarbeitete Auflage, herausgegeben von Prof. Dr. Walter König. Mit einem Porträt, 429 Figuren im Text und 1 Spektraltafel. 592 S. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1902. M 6,40, geb. M 7,20.

Das rasche Erscheinen dieser Doppelaufgabe (die sechste wurde in dieser Zeitschr. XIII 238 angezeigt), ist das beste Zeugnis für die Brauchbarkeit des Buches, dessen Herausgeber fortdauernd bestrebt ist, es in jeder Beziehung auf der Höhe zu halten. Hinzugekommen ist in dieser Auflage außer den neuesten Entdeckungen über die elektrischen Strahlungen auch ein Artikel über die neuen Strahlungsgesetze. P.

Kompendium der Physik. Von Dr. L. Grätz, Prof. an der Universität München. 3. verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 275 Abbildungen. 479 S. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1902. M 8.

Das vorliegende Kompendium ist wohl in erster Reihe für Studierende bestimmt, stellt indessen an deren Vorbildung sehr mäßige Anforderungen. Gewisse Bemerkungen, die über die 2. Auflage in dieser Zeitschrift (IX 153) gemacht wurden, sind unbeachtet geblieben, selbst die über die unzutreffende Darstellung der Zentrifugalkraft und über die un strenge Behandlung des Potentials. Für die Methodik des Unterrichts ist aus dem Buch nicht viel zu lernen, in Bezug auf Genauigkeit und Klarheit der Darstellung wird es von dem etwa für die gleichen Zwecke bestimmten Lommelschen Lehrbuch weit übertroffen. P.

Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Vorträge, auf Einladung des Vorstandes des Departments Leiden der Maatschappij Tot Nut Van 't Algemeen, gehalten von H. A. Lorentz. Unter Mitwirkung des Verfassers aus dem Holländischen übersetzt von G. Siebert. Mit 40 Abbildungen. 123 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1902. M 3.

Der berühmte Verfasser bietet hier elementare Vorlesungen, die ohne alle Voraussetzungen die Zuhörer doch bis zu den letzten Problemen der heutigen Forschung führen. Gleich in der ersten Vorlesung werden an die grundlegenden Betrachtungen über Geschwindigkeit, Kraft und Masse die Hertzschen Untersuchungen über die Dauer des Stoßes zweier elastischer Kugeln angeschlossen. Ebenso wird die Erörterung der krummlinigen Bewegung bis zum Gravitationsgesetz fortgeführt, die Darstellung der schwingenden Bewegung bis zur Bewegung der Doppelsterne, die der elektrischen Erscheinungen bis zur Elektronentheorie, die der magnetelektrischen Vorgänge bis zum Zeemannschen Phänomen. Den Schluß bildet ein Vortrag über Erhaltung der Energie. Das Buch schließt sich den Meisterwerken populärer Darstellung, die die Literatur bereits aufweist, würdig an und verdient insbesondere die Beachtung der Lehrer des Faches. P.

Die Entwicklung unserer Naturanschauung im XIX. Jahrhundert und Friedrich Mohr. Vortrag vor der naturwiss. Gesellschaft in Winterthur von Ch. Jezler. 44 S. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1902. M 1,20.

Der Verfasser will dem verdienstvollen Friedrich Mohr durchaus die Priorität hinsichtlich der Erhaltung der Kraft zuerkennen. Richtig ist, daß Mohr den Grundgedanken der kinetischen Wärmetheorie und den der Einheit der Naturkräfte gehabt hat. Daß hiermit die Entdeckung Robert Mayers nicht identisch ist, hat Mohr selbst anerkannt. Rosenberger (Gesch. d. Physik III, 385) sagt sehr zutreffend: „Mohrs Sätze beziehen sich alle auf die Verwandlung der Kraftformen; auf die Kraftquantitäten oder gar auf die Erhaltung derselben bei aller Transformation geht er garnicht ein“. Hiernach ist jener Anspruch ungerechtfertigt. Näheres über Fr. Mohr findet man in d. Zeitschr. XIV. 181. P.

Elementare Experimental-Physik für höhere Lehranstalten. Von Dr. Johannes Russner. III. Teil: Lehre vom Schall und vom Licht. Mit 279 Abbildungen und 1 Spektraltafel. 184 S. IV. Teil: Wärme und Reibungselektrizität. Mit 271 Abbildungen. 148 S. V. Teil: Magnetismus und Galvanismus. Mit 291 Abbildungen. 178 S. Preis jedes Bandes geb. M 3,20. Hannover, Gebrüder Jänecke, 1901.

Den in dieser Zeitschr. XIV 247 angezeigten ersten beiden Teilen schließen sich diese drei in Ausstattung und Durchführung an, doch tritt die rechnerische Seite, die den ersten Bänden zum Vorteil gereichte, mehr zurück. Unter den Abbildungen überwiegen die oft unnötig gehäuften Figuren aus dem Kohlschen Preisverzeichnis, während der Text sich an Weinholds Unterrichtsmethode anlehnt. So ist in Teil IV an der Definition des Potentials oder der Spannung als eines „Bestrebens der Elektrizität, sich auf einen Leiter auszubreiten“, festgehalten. Hierbei bleibt völlig unerklärt, inwiefern das Produkt Spannung \times Elektrizitätsmenge (S. 116) einer Arbeit gleich sein kann, noch weniger kann dem Potential in dem einen Leiter umgebenden Dielektrikum eine Bedeutung beigelegt werden. In Teil V sind die Kraftlinien zu Grunde gelegt, doch wird, wie häufig, auch hier der Übergang von den Eisenfeileversuchen zu dem abstrakten Kraftlinienbegriff stillschweigend vollzogen, es wird z. B. nicht aufgeklärt, was damit gemeint ist, daß die Kraftlinien in Magneten vom Südpol zum Nordpol zurückgehen. Bei der Einführung in den Galvanismus ist gleichfalls manches zu dogmatisch behandelt. In Teil IV vermißt man die meteorologischen Erscheinungen, die in einem Lehrbuch für höhere Lehranstalten nicht fehlen sollten. In historischer Beziehung sei zu Teil IV S. 76 bemerkt, daß die Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents zu 571 mkg nicht von Rumford herrührt, sondern wohl erst auf Grund seiner Resultate (er hatte die aufgewandte Arbeit überhaupt nicht gemessen) näherungsweise nachträglich angestellt worden ist. Anzuerkennen ist, daß auf die galvanischen Meßinstrumente genauer eingegangen wird und daß auch vielfach neuere Forschungsergebnisse berücksichtigt sind. P.

Astronomische Erdkunde. Ein Lehrbuch angewandter Mathematik. Von H. C. E. Martus. Kleine Ausgabe. Zweite Auflage. Dresden und Leipzig, C. A. Koch (H. Ehlers). 1902. 127 S.

Das größere Werk des Verfassers hat sich unter dem Titel „Astronomische Geographie“ bereits als ein Grundbuch auf diesem Gebiet bewährt und kann unbedingt als das vorzüglichste Hilfsmittel für den Unterricht in der Astronomie bezeichnet werden. Sein Vorzug liegt darin, daß es „die Ergebnisse der Forschung nicht als Tatsachen mitteilt, an die man zu glauben hat“, sondern daß sie „aus den Beobachtungen mathematisch bewiesen werden, sodaß man durch Selbstausräumen Einsicht und Gewißheit erlangt“. Auch der vorliegende Auszug enthält noch einen ungemein reichen Stoff, er ist für die Hand der Schüler bestimmt und wird durch seine Klarheit, wie durch die Präzision und Zuverlässigkeit aller seiner Angaben das Interesse an der Astronomie sicherlich auf günstigste beeinflussen. P.

A Laboratory Manual of Physics for Use in High Schools. By Henry Crew, Ph. D., Prof. of Physics in Northwestern University and Robert R. Tatnall, Ph. D., Instructor in Physics in Northwestern University, formerly Instructor in Physics in the Academy of Northwestern University. New York, The Macmillan Company. London, Macmillan & Co., Ltd. 1902. XIV u. 234 S. 0,90 \$.

Das Werkchen ist eines der vielen ausgezeichneten Übungsbücher, die die Schüler der höheren Lehranstalten (*high schools*) in den Vereinigten Staaten bei ihren physikalischen Versuchen in den überall vorhandenen Schülerlaboratorien neben den eigentlichen Lehrbüchern (*text-books*) benutzen. Die physikalischen Hauptgesetze werden darin mit großer Einfachheit erforscht, die für die Verfasser, wie sie offen bekennen, eine andauernde Quelle des Erstaunens und Entzückens bildet. Es ist hier eine Empfindung ausgedrückt, der sich niemand entziehen kann, der einst als Student auf der Universität Präzisionsmessungen gemacht hat und dann als Lehrer bei den Schülerübungen entdeckt, wie außerordentlich viel mit den einfachsten Mitteln erreichbar ist.

In den Vereinigten Staaten führen alle Schüler einer Klasse gleichzeitig denselben Versuch aus, ein Verfahren, das sich auch bei uns in Deutschland, wo man den Mut hatte, es anzuwenden, durchaus bewährt hat. Solche Schülerübungen stellen an das Arbeitsvermögen des Lehrers ungemein hohe Anforderungen, die nur durch umsichtige Anordnungen und bei bequemen Einrichtungen zu erfüllen sind. Hier heißt es vor allem: Haushalten mit Arbeitsvermögen und Zeit der Lehrer und Schüler! Die Verfasser waren daher mit Recht bestrebt, den Aufwand an Unterrichtsarbeit auf den kleinsten möglichen Wert herabzudrücken. Dies spricht sich zunächst in der Anordnung des Stoffes aus: An der Spitze jeder Übung steht eine vollständige Apparatenliste, die dem Lehrer ermöglicht, schnell und sicher den ganzen Bedarf an Lehrmitteln vorzubereiten und herauszugeben. Darauf folgt die Aufgabe (*problem*), die so gefaßt ist, daß man sofort Ziel und Weg erkennt. Hieran schließen sich sehr klare Anweisungen, geschickte Fragen und wertvolle Vorsichtsmaßregeln. Um der notwendigen For-

derung des Haushaltens mit der Unterrichtsarbeit (*economy of teaching energy*) gerecht zu werden, haben die Verfasser nur einfache, billige, leicht zu beschaffende und leicht zu vermehrende Apparate benutzt. Doch zeigt die verwendete Apparaturausrüstung deutlich, daß in Amerika für die Schülerübungen viel mehr Geld als in England oder gar in Deutschland zur Verfügung steht. Die Verfasser heben mit Recht die Tatsache hervor, daß ein Apparat, der selbst angefertigt (*home-made*), deshalb noch keineswegs einfach ist. Sie sehen nur solche Apparate als billig an, bei denen kluge Sparsamkeit in den Anschaffungskosten verbunden ist mit weisem Maßhalten in den Ansprüchen an die Geisteskraft der Schüler und das Arbeitsvermögen der Lehrer.

Die beschriebenen Übungen bilden ein zusammenhängendes gleichförmiges Ganze; trotzdem ist jede Übung so selbständig gehalten, daß der Lehrer je nach der zur Verfügung stehenden Zeit vorgeschlagene 30 oder 60 von den 94 angegebenen Versuchen auswählen kann, ohne daß empfindliche Lücken in der Ausbildung entstehen. Die Übungen sind mit Geschick ausgewählt, doch sind zu wenig Versuche über Bewegung und vor allem zu wenig Übungen im Messen von Wärmemengen vorhanden. Die Zeichenübung (No. 62) über die Dampfmaschine könnte wegfallen. Das Buch enthält drei Anhänge: Der eine behandelt die zweckmäßige Auswahl eines Galvanometers, das mannigfachen Ansprüchen genügt; der andere enthält nützliche Tafeln; ein dritter gibt einen Auszug aus der Arbeit von Robert Boyle, *A New Essay Instrument, together with the uses thereof* (*Phil. Trans. 1675, Works 4. 204*). Das Buch bringt auch sonst mehrfach kurze geschichtliche Angaben. Das ist sehr anzuerkennen; doch kann man im Hinblick auf Gerland und Trau Müller, *Gesch. der phys. Experimentierkunst* (*d. Ztschr. XIII 119*), dem Auszug aus der Abhandlung von Boyle nur geringen Wert beilegen. Hingegen regt diese Berücksichtigung der Geschichte der Physik die Forderung an: bei der Auswahl der Schülerübungen, soweit es ausführbar ist, auf die Arbeiten der Entdecker der Gesetze zurückzugehen und an deren oft genialen und dabei oft so einfachen Forschungsverfahren, selbstverständlich unter Benutzung der Hilfsmittel der Neuzeit und unter Beachtung der Gesetze der Psychologie, Geist und Hand der Schüler auszubilden. Dies ist der Königsweg, den wir in Deutschland nach dem Vorgange Machs u. a. mit großem Erfolg im Klassenunterricht eingeschlagen haben und den wir demgemäß auch bei der Ausgestaltung der Schülerübungen verfolgen müssen.

Das vorliegende Buch gewährt einen ausgezeichneten Einblick in den hochentwickelten Betrieb der physikalischen Schülerübungen in den Vereinigten Staaten. Wenn wir auch die beschriebenen Übungen nicht einfach nachahmen können und wollen, so müssen wir doch die langjährigen Erfahrungen und großartigen Leistungen der Amerikaner berücksichtigen und ausnutzen. Ich empfehle daher das Werk auf das wärmste den Amtsgenossen, die sich mit diesem jungen, so zukunftsreichen und jetzt eifrig gepflegten und geförderten Unterrichtsverfahren beschäftigen.

Hahn.

Die galvanischen Induktionsapparate. Leichtfaßliche Anleitung zur Anfertigung, Erhaltung und Berechnung der Ruhmkorff-, Tesla- und medizinischen Rollen, deren Verwendung mit Geißler- und Röntgenröhren in physiologischen und Hertzschen Versuchen, Funkentelegraphie, Spektroskopie, Zündungen u. s. w. Von Prof. W. Weiler. VIII u. 216 Seiten, 173 Abbild. Leipzig 1902. Moritz Schäfer.

Der Verf. hat sich durch zahlreiche den Gegenstand betreffende Anfragen von verschiedenen Seiten veranlaßt gesehen, eine besondere Schrift gewissermaßen als Ergänzung seines „Praktischen Elektrikers“ über das Induktorium zu verfassen, und wünscht, daß die „aus der Praxis hervorgegangene und für die Praxis bestimmte Schrift“ „ein zuverlässiger Führer sei“. Nachdem zuerst eine Darstellung der physikalischen Grundlagen gegeben, werden die Einzelteile des Induktoriums, sodann verschiedene ausgeführte Apparate und anschließend zahlreiche mit solchen anzustellende Versuche beschrieben.

Zunächst sei bemerkt, daß der Verf. vielfach ungewohnte und mißverständliche Ausdrücke gebraucht, z. B. S. 1 für ein Kraftlinienbild „magnetisches Spektrum“, S. 100: „Entladungsbirne“, S. 124 und 125: „Molekularschatten“ und „Molekularermüdung“. Ferner S. 18: „Das niedere Niveau drückt aufwärts“ u. a. m. Die Herstellung von Eisenkernen nach S. 26 Absatz d ist als veraltet fortzulassen. Die behandelten Stromwender von Dujardin und Bertin wären, als so gut wie garnicht in Gebrauch, besser durch den von Ruhmkorff und den Zweikurbelkommutator ersetzt. Die Erklärung des Unterbrechers von Apps ist falsch, die Spannung der Feder, nicht ihre Länge ist veränderlich. Der in Bild 48 dargestellte Quecksilberstrahlunterbrecher ist nicht der von der A.-E.-G. konstruierte, sondern der von M. Levy angegebene. Statt des einfachen Quecksilberunterbrechers von Stöhrer würden besser die entsprechenden Ausführungen von M. Kohl und der A.-E.-G. beschrieben sein. Auch gegen die Identifizierung von Kanal- und Anodenstrahlen wie die Besprechung des Wesens der Becquerel- und Röntgenstrahlen ist Widerspruch zu erheben. Was die Abbildungen anbelangt, so ist die Aus-

wahl nichts weniger als gut; Darstellungen, wie die der ganz unmöglichen Kontaktschraube Bild 38, dürften nicht vorkommen; es wäre im ganzen viel mehr Rücksicht auf die neueren Ausführungen und Anschauungen zu nehmen gewesen. Immerhin werden sich einige der rein praktischen Ausführungen des Verf. als sogen. „Faustregeln“ ganz brauchbar erweisen. *B. von Czudnochowski.*

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie.

Herausgegeben von Richard Meyer, Braunschweig. XI. Jahrgang 1901. Braunschweig, 1902, Vieweg & Sohn. XII u. 548 S. Geh. M 14, geb. M 15, Hfrz. M 16.

Das Meyersche Jahrbuch der Chemie hat sich durch seine schnelle und gediegene Berichterstattung über die Fortschritte auf allen Gebieten der Chemie bereits einen so sicheren Platz erobert, daß es genügt, auf das Erscheinen des neuen Jahrganges hinzuweisen. Organisation und Mitarbeiter des Werkes (näher angegeben bei Besprechung des 10. Jahrganges in *d. Zeitschr. XV 53*) sind im wesentlichen dieselben geblieben, nur sind jetzt die „Physiologische Chemie“ von W. Küster, die „Agrikulturchemie“ von A. Morgen und W. Zielstorff, das „Hüttenfach“ von O. Doeltz, die „Technologie der Kohlehydrate“ von A. Herzfeld und O. Schrefeld, die „Gährungsgewerbe“ von M. Delbrück und O. Mohr bearbeitet worden. Von der sorgfältigen Redaktion des Ganzen zeugt auch das nicht weniger als 52 Seiten umfassende Sachregister. Das Buch sei von neuem zur Anschaffung warm empfohlen. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Die Entwicklung des physikalischen Unterrichts an unseren höheren Schulen. Teil I. Von Franz Pahl. Städt. R.-G. zu Charlottenburg, Ostern 1902. Pr.-No. 112a. 30 S.

Der Verfasser führt seine Darstellung in diesem ersten Teil bis zum Ende des siebzehnten Jahrhunderts. Vor dem dreißigjährigen Kriege ist die Schule zu Ilfeld die einzige, an der etwas Physik gelehrt wurde, da an ihr Michael Neander, der Verfasser eines Lehrbuchs der Physik auf aristotelischer Grundlage (1591), tätig war. Der Aufschwung der Experimentalwissenschaft im 17. Jahrhundert, den der Verfasser in gedrängter Übersicht (S. 11—17) darstellt, zeigt dagegen seine Wirkung auch in den Bestrebungen des Raticch und Comenius (vergl. *d. Zeitschr. V 213*). Von des letzteren Physik (1633) gibt der Verfasser eine genaue Inhaltsübersicht, bemerkt aber, es lasse sich nicht nachweisen, daß dies Buch irgendwo einem Unterricht in dieser Disziplin zu Grunde gelegt worden sei. Überhaupt hat sich nur an zwei Schulen ein besonderer Physikunterricht in jenem Jahrhundert feststellen lassen: am Johanneum zu Hamburg, wo die Kompendien des dortigen Mathematiklehrers Adolf Tasse über Statik und Optik in Gebrauch waren, und am St. Agidiengymnasium in Nürnberg, wo die deutsch geschriebene *Mathesis juvenilis* des Altdorfer Professors Sturm als Lehrbuch diente. Interessante Mitteilungen aus dem Inhalt beider Bücher bilden den Schluß der Abhandlung. *P.*

Aufgaben über die Grundlehren der Astronomie. Von Franz Ferdinand Schönberger. Deutsche Landes-O.-R. in Brünn, Jahresbericht für das Schuljahr 1901/02. 25 S.

Die Sammlung entspricht hauptsächlich dem Lehrplan der VII. Klasse der österr. Realschulen, sie enthält 425 Aufgaben, z. T. allerdings Parallelaufgaben in reichlicher Menge und ist in folgende Abschnitte geordnet: Orientierung am Himmel, Größe der Erde, Achsendrehung der Erde, Ekliptik, Koordinaten und scheinbare Bewegung der Sonne, Zeit und Zeitrechnung, Entfernung der Sonne, Planetenbewegung, Keplers Gesetze und Newtons Gesetz, Mond, Präcession, Dämmerung. Erfreulich ist eine größere Zahl von historischen Aufgaben, sowie auch eingestreute Denkfragen. Die Sammlung, der auch die Resultate beigegeben sind, ist mit Sorgfalt zusammengestellt und kann manchem Fachlehrer von Nutzen, wie auch dem Unterricht förderlich sein. *P.*

Anwendung der sphärischen Trigonometrie und der Koordinatengeometrie für den Unterricht in der mathematischen Geographie an höheren Lehranstalten, besonders an Gymnasien. Von Prof. Karl Graßmann. G. Königsberg i. d. N., Ostern 1902. Pr.-No. 79. 36 S.

Die Abhandlung enthält eine etwas breite Entwicklung der Grundformeln und Rechenmethoden der sphärischen Trigonometrie und erörtert dann die Behandlung einfacher Aufgaben, wobei vielfach an die astronomische Geographie von Martus angeknüpft wird. Die Aufgaben über die Sonnenbewegung werden durch Ausführungen über die Berechnung der Dämmerungszeit ergänzt. Empfohlen wird mit Rücksicht auf die Nautik besonders die Aufgabe, aus zwei am selben Tage gemessenen Sonnenhöhen die Polhöhe und die mittlere Ortszeit zu ermitteln. Mit Hilfe der Koordinatengeometrie wird die Aufgabe gelöst, die scheinbare Größe der Sonne für eine gegebene Anomalie des Radiusvektors zu berechnen, wenn die scheinbaren Größen in der kleinsten und größten Entfernung von der Erde gegeben sind. Die Übereinstimmung des berechneten Werts mit dem im nautischen Jahrbuch angegebenen kann als eine Bestätigung des 1. Keplerschen Gesetzes betrachtet werden. Die andere

vom Verf. mitgeteilte Aufgabe, die Exzentrizität der Meridianellipse der Erde aus zwei Krümmungsradien und den zugehörigen Polhöhen zu berechnen, ist für Gymnasien zu kompliziert; dagegen könnten sehr einfache Berechnungen über geozentrische Breite, Lotabweichung u. dergl. als Anwendungen der Koordinatengeometrie zugefügt werden. Die beigegebenen Figuren sind zum Teil recht unzweckmäßig gezeichnet.

P.

Über die Unfälle beim chemischen Arbeiten. Erste Hälfte. Von Karl Egli in Zürich. Beilage zum Programm der Kantonsschule Zürich, 1902. 32 S.

Wir haben es im vorliegenden mit einer außerordentlich verdienstlichen Arbeit zu tun. Es wird zunächst eine große Anzahl charakteristischer Unfälle, wie sie sich beim chemischen Arbeiten zu Lehr-, Lern- und Forschungszwecken tatsächlich ereignet haben, näher beschrieben — Unfälle in der Technik sind mit Recht nur gestreift. Hierbei wird auch der Forscher gedacht, die als Opfer der Wissenschaft ihr Leben verloren oder sonst schwere Verletzungen davontrugen — eine zwar kurze, aber historisch wertvolle Zusammenstellung. Es werden sodann mehrfach Maßregeln für die Prophylaxe aufgestellt (S. 8 u. 22); hierbei hätte auch auf die Nützlichkeit von Vorproben mit ganz geringen Stoffmengen hingewiesen werden können. In einem weiteren „speziellen“ Abschnitt werden 1. „Mechanische Verletzungen“, 2. „Verbrennungen und Verätzungen“ systematisch behandelt, wobei die wichtigsten chemischen Reagentien unter Berücksichtigung besonderer Wirkungen und Gefahren der Reihe nach durchgegangen werden. Auch einiger eigentümlicher Gefahren, z. B. selbst beim Goldschmidtschen Thermitverfahren und bei Versuchen mit flüssiger Luft, wird gedacht. Ferner wird kurz auf die „Selbstentzündungen“ (S. 31) eingegangen; nicht berücksichtigt sind hierbei die allerdings mehr in letzter Zeit erst beobachteten Fälle von Selbstentzündung bei Bomben mit komprimiertem Sauerstoff (vergl. ds. Zeitschr. XV 226). Sonst findet sich aber in der Arbeit eine Fülle von wertvollen Beobachtungen und praktischen Winken niedergelegt, und man darf mit Recht auf den zweiten Teil, der die „Vergiftungen“ und „Explosionen“ behandeln wird, gespannt sein. Wir möchten den Wunsch aussprechen, daß nach Schluß der Arbeit ein Exzerpt mit ganz kurzgefaßten Warnungen, Vorsichts- und Gegenmaßregeln u. s. w. herausgegeben würde, das man für die Hand jedes Schülers, der mit praktischen Arbeiten betraut wird, gewiß ganz allgemein empfehlen könnte, zumal die Absicht des Ganzen dahin geht, nicht Angst zu machen, sondern zu beruhigen.

O.

Versammlungen und Vereine.

V. Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen in Frankfurt a. M.

An dem unter Leitung des Herrn Direktors Dr. BODE vom 6. bis 18. Oktober 1902 abgehaltenen naturwissenschaftlichen Ferienkursus beteiligten sich 44 Herren aus allen Provinzen der Monarchie und ein Herr aus dem Herzogtum Anhalt.

Herr Dr. DÉGUISNE behandelte in 6×2 Stunden die Elemente der Gleichstromtechnik, ähnlich wie bei dem III. Kursus (vergl. Jahrgang XII d. Zeitschr. S. 119), widmete aber zum Schluß den magnetischen Kraftlinien, den magnetischen Feldern von Stromleitern und den Analogien zwischen elektrischem Strom und Kraftlinienfluß eine eingehendere Besprechung als damals. An diese Vorlesung schlossen sich in üblicher Weise unter Leitung von Herrn Dr. DÉGUISNE und 4 Assistenten elektrotechnische Übungen, an denen sich wegen Raummangels nur 20 Herren in 4 Gruppen beteiligen konnten.

Herr Prof. HARTMANN sprach in 2×2 Stunden über die verschiedenen Arten von Elektrizitätszählern: elektrolytische, Pendelzähler, Motorzähler und Reversierzähler und illustrierte seinen Vortrag durch instruktive Zeichnungen und Vorzeigung der meisten bisher konstruierten Formen von Zählapparaten.

Herr Prof. Dr. EPSTEIN beschrieb die Fabrikation einer Dynamomaschine vom ersten Entwurf bis zur Fertigstellung für den Gebrauch und gab dadurch die beste Vorbereitung für die sich anschließende Besichtigung der Werke der Elektrizitäts-A.-G. vorm. Lahmeyer & Co.

Herr Dr. BEHN hielt einen zweistündigen Vortrag über photochemische Reproduktionsverfahren. Er sprach zunächst über die Herstellung der hierfür geeigneten Negative und erläuterte dann unter Vorführung von Projektionsbildern und Platten die für die verschiedenen Arten des Tiefdrucks, Hochdrucks und Flachdrucks anzuwendenden Operationen. Zur Veranschaulichung des Chromgelatineverfahrens wurde ein Pigmentdruck entwickelt. — In einer vierstündigen Vorlesung behandelte derselbe die neuesten Ergebnisse auf dem Gebiet der Gasverflüssigung. Neben den Versuchen mit flüssiger Luft erregten besonderes Interesse einige auch für die Schule geeignete Experimente, z. B. die direkte Veranschaulichung der Druckkurve eines Gases mit Hilfe eines mit dem durchbohrten Druckkolben verschiebbaren Quecksilbermanometers, die Demonstration der Verdampfung von Alkohol und Äther im luftgefüllten Raum, endlich die Vergasung und Verflüssigung von Äther in einer zuge-

schmolzenen Glasröhre als Ersatz für den entsprechenden Versuch mit der teuren und nicht ungefährlichen Kohlendioxydröhre. — In einer zweistündigen Vorlesung führte Herr Dr. BEHN neuere Schulversuche und Apparate vor, darunter eine empfindliche Methode, mittels kleiner Gasflammen die Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe zu zeigen, einen experimentellen Beweis, daß bei der Minimalstellung eines Prismas der Lichtstrahl dasselbe symmetrisch durchläuft, die Herstellung eines Spektrums durch ein sehr preiswertes Rowlandsches Gitter von Th. Thorp in Whitefield bei Manchester, einen einfachen Apparat zur Erzeugung der Newtonschen Ringe.

Herr Prof. Dr. FREUND gab in 3×2 Stunden eine Einführung in die wissenschaftlichen Grundlagen der Electrochemie. Nach einer Darstellung der Ionentheorie und des Massenwirkungsgesetzes erklärte er auf Grund der gewonnenen Anschauungen gewisse chemische Reaktionen, insbesondere Fällungsreaktionen, das Verhalten gesättigter Lösungen, Hydrolyse und die Theorie der Indikatoren. — In weiteren 2 Stunden besprach er die technische Herstellung von synthetischem Indigo und das Kontaktverfahren zur Fabrikation der Schwefelsäure.

Ein zweistündiger Vortrag des Herrn Prof. Dr. LEPSIUS über Sodabereitung war für den Schulmann, der nur zu leicht geneigt ist, ausschließlich den wissenschaftlichen Grundlagen technischer Verfahren Beachtung zu schenken, besonders dadurch lehrreich, daß er die wirtschaftlichen Gesichtspunkte in ihrer ausschlaggebenden Bedeutung für die Entwicklung und Ausdehnung der verschiedenen Prozesse hervorhob.

Herr Prof. Dr. SCHAUFF gab Winke für den petrographischen Unterricht in Schulen. Er zeigte, wie sich die Schwierigkeiten in der unterrichtlichen Behandlung der Eruptivgesteine dadurch wesentlich vermindern lassen, daß man nicht, wie es meist geschieht, vom Granit, sondern von den jungen vulkanischen Gesteinen ausgeht und zunächst diese nach ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung, ihrer Struktur und Entstehung eingehend bespricht. Die älteren Gesteine stellen sich dann, wie Melaphyr und Diabas, einfach als ältere, zum Teil zersetzte Basalte dar oder erweisen sich, wie Gabbro und Granit, durch Fehlen von Glas und Gaseinschlüssen, sowie durch körnige Struktur als Tiefengesteine; und ähnlich entsprechen den jüngeren Gläsern Obsidian und Pechstein, den älteren Rhyolith und Quarzporphyr. Die Kontaktmetamorphose beruht auf dem physikalischen Prozeß der Umkrystallisation. Auf die Entstehung der krystallinischen Schiefer wird der Unterricht füglich nicht eingehen, weil diese Frage noch nicht hinreichend wissenschaftlich geklärt erscheint.

In den für Mitteilungen der Teilnehmer festgesetzten Stunden sprach Prof. Dr. HOF-Witten über Preßstücke aus Metallklein als neue physikalische Lehrmittel, Prof. KIRMIS-Neumünster über Betätigung des Naturwissenschaftlers in der Antiquitätenkunde und Prof. SCHÜLKE-Osterode i. Ostpr. über Modelle von Dach- und Brückenkonstruktionen als Lehrmittel, sowie über Verwendung vierstelliger Logarithmen im physikalischen und mathematischen Unterricht.

Besichtigt wurden die Höchster Farbwerke, die elektrotechnische Fabrik Hartmann & Braun, die Werke der Elektrizitäts-A.-G. vorm. Lahmeyer & Co., das städtische Elektrizitätswerk und die Uniformerstation, die Sammlungen der Senckenbergischen Gesellschaft, die Einrichtungen und Sammlungen für naturwissenschaftlichen Unterricht an der Klinger-Oberrealschule und der Musterschule. Im Physikzimmer der Klinger-Oberrealschule führte Herr Direktor BODE Projektionsbilder zur Veranschaulichung der Entwicklung wichtiger Apparate und eine objektive, zu Messungen geeignete Darstellung von Beugungserscheinungen, Herr Obl. Dr. REINHARDT einen Klingerfußschen Funkeninduktor vor. Im Hörsaal der Senckenbergischen Gesellschaft hatten mehrere Frankfurter Firmen eine Ausstellung von Lehrmitteln veranstaltet.

Außer zwei der Erholung gewidmeten Ausflügen nach der Saalburg und in den Odenwald wurde eine geologische Exkursion in das Hanauer Becken unternommen, deren Führung an Stelle des inzwischen erkrankten Herrn Prof. Schauff der Königl. Landesgeologe Herr von REINACH gütigst übernahm. Sie galt den Talterrassen des diluvialen Mainstroms und den durch ein Braunkohlenflöz getrennten Basaltlagern von Dittersheim und Klein-Steinheim. *Höhne mann, Landsberg a/W.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

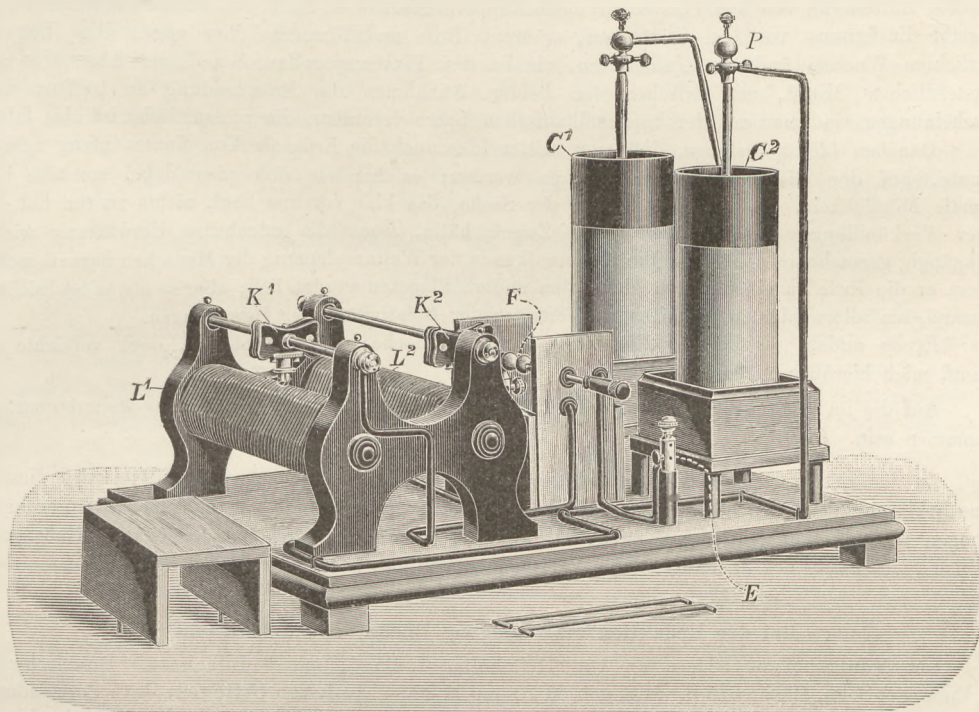
Universal-Instrumentarium nach Seibt-Ernecke

zur Demonstration der Resonanz elektrischer Schwingungen u. s. w.

Von Ferdinand Ernecke in Berlin SW.

Über das diesem Instrument zugrundeliegende Prinzip ist bereits in ds. Zeitschr. XV 352 berichtet worden. Die hauptsächlichsten Teile des Apparates sind: Erstens ein sogenannter Thomson-scher Schwingungskreis, bestehend aus den beiden Leydener Flaschen C_1 und C_2 , der Funkenstrecke F und den beiden regulierbaren Selbstinduktionsspulen L_1 und L_2 , die aus dickem Kupfer-

draht, welcher auf Porzellanträger spiralförmig aufgewickelt ist, bestehen. Die auf den Kupferspulen schleifenden Kontakte K_1 und K_2 wurden, da im Betriebe ein leichtes Verschmelzen der Berührungstellen eintrat, in Form von Rollen ausgebildet. Zweitens eine Seibtsche Resonanzspule (in der Figur nicht dargestellt), die für die Versuche an die eine Belegung der Leydener Flaschen bei P angeschlossen wird. Die beiden Leydener Flaschen können durch kurze Kupferbügel in Reihe oder parallel geschaltet werden (die Bügel für Parallelschaltung liegen in der Figur vor dem Apparate). Die Funkenstrecke ist leicht verstellbar und zwar auch während des Betriebes, da die Klemme E mit der Erde (Wasser- oder Gasleitung) verbunden wird. Um das Licht und das knatternde Geräusch der Funkenstrecke zu dämpfen, wird dieselbe mit einem Holzdeckel verschlossen. Sämtliche Teile, mit Ausnahme der Resonanzspule, sind in kompender Weise auf einem massiven Grundbrett vereinigt.



Der Apparat zeigt in Verbindung mit einem Induktorium von 20–30 cm Schlagweite die a. a. O. angegebene Wirkungsweise. 1. Zur Demonstration der Resonanz verbindet man zwei kleine Spulen von verschiedener Windungszahl mit dem Punkte P , während die Leydener Flaschen in Reihe geschaltet sind. Bei richtiger Einstellung des Rollenkontaktes zeigt die abgestimmte Spule am oberen Ende eine lebhaftere Entladungserscheinung, während die andere dunkel bleibt. 2. Die Teslaversuche lassen sich mittels der veränderlichen Selbstinduktion mit Leichtigkeit auf den Maximizeffekt bringen. 3. Zur objektiven Darstellung der elektrischen Wellen in Spulen werden Spulen von ca. 2 m Länge benutzt, denen parallel ein geerdeter Draht gespannt ist. 4. Daß die Abstimmung in der Funken-telegraphie sich ebenfalls mit dem Apparate demonstrieren läßt, geht aus dem a. a. O. Gesagten hervor. Weitere Versuche sind in dem Prospekt der Firma angegeben.

Der Preis des abgebildeten „Thomson'schen Schwingungskreises“ ist M 180, einer Resonanzspule von 2 m Länge nebst verschiebbarem parallelen Stahldraht M 68, zwei kleinerer Spulen M 36. Weitere Nebenapparate sind 2 Stimmgabeln zur Erläuterung der Resonanz, Vakuumröhre und Extraspulen für besondere Versuche.

Korrespondenz.

Über die sogenannte Gleichwertigkeit des ptolemäischen und des kopernikanischen Systems schreibt uns Herr Prof. THEODOR HÄBLER in Grimma:

„In einem der letzten Hefte dieser Zeitschrift (S. 308 des vorigen Jahrgangs) wendet sich der Herr Herausgeber mit Recht gegen den Ausspruch eines Lehrbuchs, der Vorzug des kopernikanischen Systems gegenüber dem ptolemäischen sei nur die größere Einfachheit. Wenn diese Anschauung bereits in Schulbüchern eindringt, so ist es in der Tat Zeit ernstlich Einspruch dagegen zu erheben.“

Obwohl ich mich schon einmal darüber ausgesprochen habe¹⁾, möchte ich nochmals mit einigen Worten darauf zurückkommen und so dazu beitragen, daß der der genannten Anschauung zu Grunde liegende richtige Gedanke auf seinen wahren Wert zurückgeführt wird. Er besteht, wenn wir uns auf die Revolution beschränken, also von der Rotation absehen, in der Überlegung, daß die Sonne nicht notwendig als Mittelpunkt für die Bewegungen der Himmelskörper zu nehmen sei; man könne sich, so meint man, wegen der Relativität aller Bewegungen auch die Erde oder etwa einen Jupitermond als Anfangspunkt eines Koordinatensystems denken, auf das alle Bewegungen bezogen werden.

Daß diese Möglichkeit in der Idee vorhanden ist, muß zugegeben werden. (Trotzdem sind die beiden Systeme noch nicht gleich richtig; denn mit der Wahl des Punktes, auf den die Bewegungen bezogen werden, ist der Inhalt der Systeme nicht erschöpft. Nach Ptolemäus hat die Erde immer dieselbe Entfernung von den Fixsternen; nach Koppernikus hat im Laufe des Jahres die Sonne immer dieselbe Entfernung von den Fixsternen, während Erde und Fixsterne ihre gegenseitige Lage in jährlichem Wechsel ändern. Nun haben wir in den Fixsternparallaxen und der Aberration des Fixsternlichtes Mittel, um zwischen den beiden Annahmen die Entscheidung zu treffen; diese Erscheinungen sind nur mit der koppernikanischen Lehre vereinbar, die ptolemäische ist also falsch.

Daneben bleibt bestehen, daß man in der Idee auch die Erde als Koordinatenanfang nehmen könnte, auf den die Bewegungen bezogen werden; es handelt sich aber (dabei um eine bloß formale Möglichkeit, die mit dem Wesen der Sache, das klar vor uns liegt, nichts zu tun hat und deren Verkündigung eigentlich nur einen Zweck hätte, wenn die ungeheure Umwälzung wieder rückgängig gemacht werden sollte, die Koppernikus in der Weltanschauung der Menschen hervorbrachte, indem er die Erde zu einem Stern gleich den andern Planeten werden ließ; aber so etwas beabsichtigt niemand, am allerwenigsten die strengen Vertreter der Relativität aller Bewegungen.

Etwas anders als bei der Revolution liegt die Sache bei der Rotation, doch verzichte ich darauf, mich hierüber nochmals zu äußern.“

Auf die im Vorstehenden erörterte Streitfrage wird in der Zeitschrift noch des weiteren zurückzukommen sein. *D. R.*

Zu der diesem Hefte beigelegten astronomischen Tafel von Prof. M. KOPPE wird diesmal keine Erklärung gegeben, wir verweisen vielmehr auf die in früheren Jahren gegebenen Erläuterungen. Dagegen wird eine ausführlichere, auch für die Hand der Schüler bestimmte elementare Gebrauchsanweisung im Laufe des Januar von der Verlagsbuchhandlung besonders ausgegeben werden.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Leo Königsberger, Hermann von Helmholtz. I. Band, mit 3 Bildnissen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1902. 375 S. M 8, geb. M 10 und M 12. — **A. J. von Öttingen**, J. C. Poggendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissensch. IV. Bd., Lief. 4 und 5. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1902. à M 3. — **Ostwalds Klassiker** der exakten Wissensch. Nr. 131. Experimental-Untersuchungen über Elektrizität von Michael Faraday. XIV. u. XV. Reihe. 1838. 48 S. M 0,80. Nr. 132. Über die Kontinuität der gasförmigen und flüssigen Zustände der Materie und über den gasförmigen Zustand der Materie von Th. Andrews. 81 S. M 1,40. — **J. M. Pernter**, Meteorologische Optik, II. Abschn., S. 55—212. Wien u. Leipzig, Wilh. Braumüller, 1902. M 4,20. — **Walther Ludwig**, Die Horopterkurve mit einer Einleitung in die Theorie der kubischen Raumkurve. Halle a. S., Martin Schilling, 1902. 36 S. — **A. Kirschmann**, Die Dimensionen des Raumes, eine kritische Studie. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1902. 112 S. M 2. — **Viktor Grünberg**, Zur Theorie der mikroskopischen Bilderzeugung. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1903. 90 S. M 3. — **Wilhelm Manchot**, Das Stereoskop. Mit 50 Figuren. Leipzig, Veit & Comp., 1903. 68 S. M 1,80. — **Harald Schütz**, Die Lehre von dem Wesen und den Wanderungen der magnetischen Pole der Erde. Mit 4 Tabellen und 5 kartographischen Darstellungen. Berlin, Dietrich Reimer, 1902. 76 S. M 10. — **Boris Weinberg**, L'enseignement pratique de la physique dans 206 laboratoires de l'Europe etc. Odessa, Imprimerie Economique, 1902. 126 S. — **Rich. Herm. Blochmann**, Licht und Wärme, gemeinfaßlich dargestellt. Leipzig, Carl Ernst Poeschel, 1902. 272 S. M 3,80. — **Koppe-Husmann**, Anfangsgründe der Physik. I. Teil, vorbereitender Lehrgang, 6. Auflage. Mit 176 Holzschnitten. Essen, G. D. Baedeker, 1903. Geb. M 2,20. — **Wilh. Ostwald**, Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Bd. II, Teil II: Verwandtschaftslehre, I. Teil. Schlußlieferung. 2. Auflage. Leipzig, W. Engelmann, 1902. M 9. — **Lothar Meyers** Grundzüge der theoretischen Chemie. 3. Aufl., neu bearbeitet von E. Rimbach. Leipzig, Breitkopf & Härtel, 1902. 253 S. M 5. — **F. P. Treadwell**, Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie

¹⁾ Progr.-Abh. d. Fürstenschule zu Grimma 1898, S. 23—26, vergl. d. Zeitschr. XII 39.

in zwei Bänden. II. Quantitative Analyse. Mit 96 Abbildungen. 2. verm. u. verb. Aufl. Leipzig u. Wien, Franz Deuticke, 1902. 568 S. M 11. — **S. Levy**, Anleitung zur Darstellung organisch-chemischer Präparate. 4. verb. u. erweit. Aufl. von A. Bistrzycki. Mit 40 Holzschnitten. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1902. Geb. M 4,20. — **Karl Hofmann**, Die radioaktiven Stoffe nach dem gegenwärtigen Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1903. 54 S. M 1,60. — **Felix B. Ahrens**, Einführung in die praktische Chemie. Unorganischer Teil 160 S. mit 24 Illustr. Organischer Teil 144 S. mit 22 Illustr. Stuttgart, Ernst Heinrich Moritz. à M 1. — **Alfred Loepper**, Das Studium der Chemie, nebst Prüfungsordnungen u. s. w. (Chem. Techn. Bibl. Bd. 262). Wien, Pest, Leipzig, A. Hartleben. 70 S. M 1,50. — **H. Vieweger**, Aufgaben nebst Lösungen aus dem Gebiete der Gleich- und Wechselstromtechnik. Mit 158 Textfiguren u. 2 Tafeln. Mittweida i. Sa., Polytechn. Buchh., 1902. 272 S. Geb. M 5,50. — **Ludwig Rellstab**, Das Fernsprechwesen. Sammlung Götschen, No. 155. Mit 47 Fig. und 1 Tafel. 127 S. M 0,80. — **O. Dietrich Veit**, Siebenstellige Logarithmen und Antilogarithmen aller vierstelligen Zahlen und Mantissen, mit Randindex und Interpolations-Einrichtung für 4—7stelliges Schnellrechnen. Berlin, Julius Springer, 1903. Geb. M 3.

Sonderabdrücke: Bericht über die internationale Experten-Konferenz für Wetterschießen in Graz. Jahrb. d. k. k. Zentralanstalt f. Met. u. Erdmagn. Jahrg. 1902, Anhang. 154 S. — Protokoll der luftelektrischen Kommission der Deleg.-Versammlung der Kartell. Akad. zu Göttingen 1902. 8 S.

Himmelserscheinungen im Februar und März 1903.

Vorbemerkungen.

0^h = Mitternacht, 12^h = Mittag. Die Stunden unter 12^h entsprechen dem Vormittage, solche von 12^h bis 23^h dem Nachmittage. Die Aufgangs- und Untergangszeiten der Gestirne beziehen sich auf den Parallel von Berlin, sind aber mittlere Ortszeiten, müssen also zur Verwandlung in mitteleuropäische Zeiten (M.E.Z.) noch durch Anbringung der Zeitdifferenz gegen den mitteleuropäischen Meridian (Stargard) korrigiert werden. Geht also z. B. die Sonne am 4. Februar um 7^h 41^m auf, so gilt dies für alle Orte des Parallels von Berlin als mittlere Zeit, die mitteleuropäische Aufgangszeit ist aber für Berlin 7^h 41^m + 6^m,4 = 7^h 47^m,4, für Hannover 7^h 41^m + 21^m,1 = 8^h 2^m,1, für Posen 7^h 41^m - 7^m,7 = 7^h 33^m,3. Für Orte nördlich (oder südlich) vom Berliner Parallel gelten die angegebenen Zeiten nur angenähert, da für diese natürlich der Sonnenaufgang (und Untergang) im Sommer etwas früher (bzw. später), im Winter etwas später (bzw. früher) stattfindet als in Berlin. — Absolute Phänomene (Jupitertrabantenverfinsterungen), Mondfinsternisse und Mondphasen, Minima veränderlicher Sterne) sind in M.E.Z. angegeben. Verfinsterungen der Jupitertrabanten und Algol-Minima werden nur dann angegeben, wenn dieselben vor Mitternacht in Mitteldeutschland sichtbar sind, es bedeutet dabei E die Zeit des Eintritts, A diejenige des Austritts aus dem Schatten, während die Nummer des betr. Trabanten durch die römische Ziffer angegeben wird. Wer ausführlichere astronomische Angaben, insbesondere auch über veränderliche Sterne, zu erhalten wünscht, sei auf das „Annuaire“ verwiesen, das vom Bureau des longitudes alljährlich herausgegeben wird und für 1 fr. 50 cm. bei Gauthier-Villars in Paris zu beziehen ist.

Einem uns von geschätzter Seite geäußerten Wunsche entsprechend, schicken wir den „Himmelserscheinungen“ der einzelnen Monate eine Übersicht über die heliozentrischen Koordinaten der Planeten und die auf das Äquinoktium sich beziehenden Daten für 1903 voraus.

Heliozentrische Koordinaten (Länge und Breite) der Planeten von 30 zu 30 Tagen.

1903	♃	♄	♅	♆	♁	♂
Jan. 5	336 ^o ,2 - 6 ^o ,6	305 ^o ,2 - 2 ^o ,6	104 ^o ,0	150 ^o ,9 + 1 ^o ,8	325 ^o ,8 - 0 ^o ,9	299 ^o ,7 - 0 ^o ,3
Febr. 4	142,9 + 7,0	352,7 - 3,4	134,5	164,0 + 1,7	328,5 - 1,0	
März 6	248,6 - 2,6	40,5 - 2,0	164,7	177,2 + 1,4	331,2 - 1,0	
April 5	344,8 - 6,2	88,8 + 0,8	194,5	190,7 + 1,1	333,9 - 1,1	302,4 - 0,4
Mai 5	153,0 + 6,7	137,5 + 3,0	223,8	204,5 + 0,8	336,6 - 1,1	
Juni 4	254,2 - 3,2	186,2 + 3,2	252,7	218,9 + 0,3	339,3 - 1,1	
Juli 4	353,9 - 5,6	234,3 + 1,2	281,3	233,9 - 0,2	342,0 - 1,2	305,2 - 0,5
Aug. 3	162,5 + 6,3	281,9 - 1,5	310,0	249,7 - 0,7	344,7 - 1,2	
Sept. 2	259,8 - 3,8	329,4 - 3,3	338,8	266,3 - 1,1	347,4 - 1,2	
Okt. 2	3,6 - 4,8	17,1 - 2,9	8,1	283,8 - 1,5	350,1 - 1,2	308,0 - 0,6
Nov. 1	171,3 + 5,8	65,1 - 0,6	37,9	302,1 - 1,8	352,9 - 1,3	
Dez. 1	265,4 - 4,3	113,6 + 2,1	68,1	320,8 - 1,8	355,6 - 1,3	
Dez. 31	13,9 - 3,9	162,3 + 3,4	98,6	339,9 - 1,7	358,4 - 1,3	310,7 - 0,8

Mittlere Schiefe der Ekliptik für 1903,0: 23° 27' 6",60. — Durchgang der Sonne durch das
Frühlingsäquinoktium Sommersolstitium Herbstäquinoktium Wintersolstitium
März 21, 20^h 15^m M.E.Z. Juni 22, 16^h 5^m Sept. 24, 6^h 44^m Dez. 23, 1^h 20^m.

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

		Februar					März						
		4	9	14	19	24	1	6	11	16	21	26	31
♄	AR	20 ^h 46 ^m	20.27	20.21	20.27	20.41	21. 2	21.26	21.52	22.20	22.50	23.21	23.53
	D	— 21°	— 20°	— 20°	— 18°	— 18°	— 17°	— 16°	— 15°	— 13°	— 10°	— 7°	— 3°
♀	AR	22 ^h 13 ^m	22.36	23. 0	23.23	23.45	0. 8	0.30	0.53	1.15	1.38	2. 1	2.24
	D	— 13	— 10	— 8	— 5	— 3	— 0	+ 2	+ 5	+ 7	+ 10	+ 12	+ 14
☉	AR	21 ^h 8 ^m	21.28	21.48	22. 7	22.26	22.45	23. 4	23.22	23.41	23.59	0.17	0.35
	D	— 16	— 15	— 13	— 12	— 10	— 8	— 6	— 4	— 2	— 0	+ 2	+ 4
♂	AR	13 ^h 0 ^m	13. 3	13. 4	13. 5	13. 4	13. 2	12.59	12.55	12.50	12.43	12.36	12.29
	D	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	— 3	— 2	— 2	— 1	— 0	+ 0
♃	AR		22. 0		22. 9		22.18		22.27		22.36		22.45
	D		— 13		— 12		— 11		— 11		— 10		— 9
♄	AR	20 ^h 17 ^m					20.28						
	D	— 20					— 19						
☉	Aufg.	7 ^h 41 ^m	7.32	7.23	7.13	7. 2	6.51	6.40	6.29	6.17	6. 5	5.53	5.42
	Unterg.	16 ^h 48 ^m	16.57	17. 7	17.16	17.26	17.35	17.44	17.53	18. 2	18.11	18.20	18.29
☾	Aufg.	10 ^h 9 ^m	14.12	20.44	1.19	5.12	7.23	10. 4	15.41	21.57	1.50	4.38	6.47
	Unterg.	—	5. 5	8. 5	10.30	14.40	20.12	0.54	5. 4	7.25	10.37	15.40	21.34
Sternzeit im mittl. Mittg.		20 ^h 53 ^m 45 ^s	21.13.28	21.33.11	21.52.53	22.12.36	22.32.19	22.52. 2	23.11.44	23.31.27	23.51.10	0.10.53	0.30.35
Zeitgl.		+ 14 ^m 1 ^s	+ 14.22	+ 14.23	+ 14. 6	+ 13.32	+ 12.43	+ 11.40	+ 10.26	+ 9. 4	+ 7.36	+ 6. 5	+ 4.34

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M. E. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Febr. 27, 11 ^h 20 ^m März 29, 2 ^h 26 ^m	Febr. 5, 11 ^h 13 ^m März 6, 20 ^h 14 ^m	Febr. 12, 1 ^h 58 ^m März 13, 13 ^h 13 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Februar	unsichtbar	Abendstern, zuletzt 1½ Std. lang sichtbar	fast die ganze Nacht hindurch sichtbar	unsichtbar	unsichtbar
im März		die Dauer der Sichtbarkeit steigt bis auf 2¼ Stunden	die ganze Nacht hindurch sichtbar; Oppos. am 29.		

Ringförmige Sonnenfinsternis am Morgen des 29. März, in Berlin unsichtbar.

Sternbedeckungen für Berlin:

Febr. 9. λ Geminor. Eintritt: 16^h 58^m, 1 M.E.Z. Q = 82°, Austritt: 17^h 55^m, 9, Q = 285°

März 10. α Cancri. Eintritt: 18^h 7^m, 5 - Q = 68°, Austritt: 19^h 1^m, 1, Q = 319°

Q bedeutet den vom nördlichsten Punkt des Mondrandes über Ost gezählten Positionswinkel des Sterns beim Eintritt bezw. Austritt.

Das **Zodiaklicht** ist im Februar am Abendhimmel besonders deutlich sichtbar.

Veränderliche Sterne: Febr. 1, 19^h 6^m M.E.Z. δ Librae-Min. — 2, 21^h 14^m Algol-Min. — 4, 20^h δ Cephei-Max. — 5, R Lyrae-Min. — 8, 18^h 40^m δ Librae-Min. — 13, 20^h ζ Gemin.-Min. — 13, 23^h δ Cephei-Min. — 15, 18^h 14^m δ Librae-Min. — 18, 20^h ζ Gemin.-Max. — 20, 22^h δ Cephei-Max. — 22, 22^h 57^m Algol-Min. — 23, 23^h ζ Gemin.-Min. — 25, 19^h 46^m Algol-Min. — 28 R Lyrae-Max. — März 12, 19^h δ Cephei-Max. — 17, 21^h 29^m Algol-Min. — 23 R Lyrae-Min. — 25 η Gemin.-Min. — 28, 21^h δ Cephei-Min. — 31, 23^h 31^m δ Librae-Min.

Dr. F. Körber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

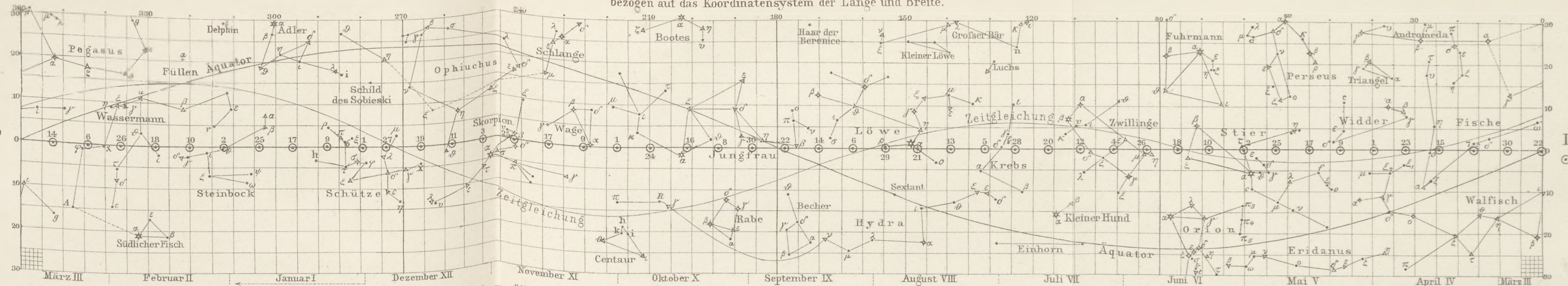
Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1903. bezogen auf das Koordinatensystem der Länge und Breite.

I. Tierkreisgürtel

Orter der Sonne ☉
(Intervall 8 Tage)

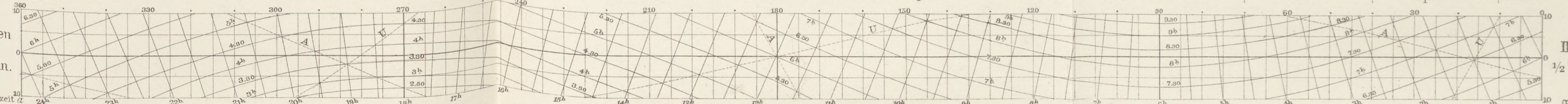
Zeitgleichung

Sterngrößen
★ ◆ ▲ ●
1 2 3 4



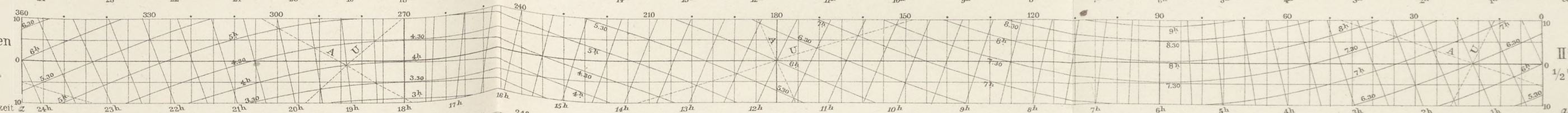
II. Halbe Tagesbögen für die Polhöhe von Berlin. 1/2 T.

Kulmination nach Sternzeit

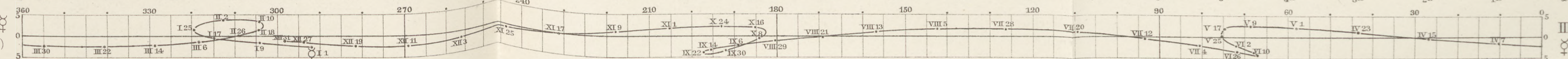


III. Halbe Tagesbögen für die Polhöhe von Wien. 1/2 T.

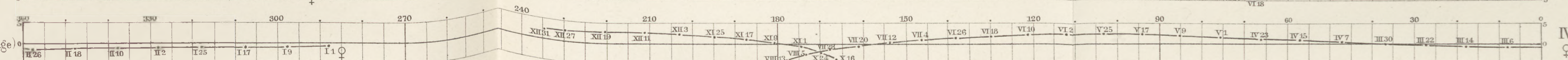
Kulmination nach Sternzeit



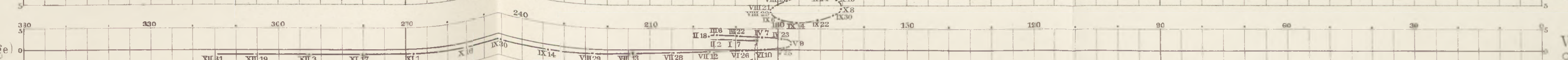
III. Merkur ♀ (Intervall 8 Tage)



IV. Venus ♀ (8 Tage)

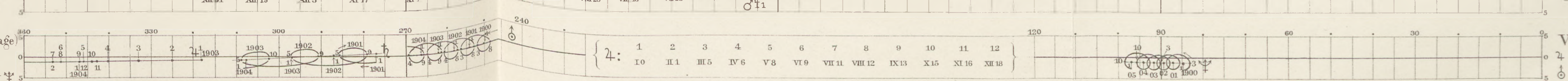


V. Mars ♂ (16 Tage)



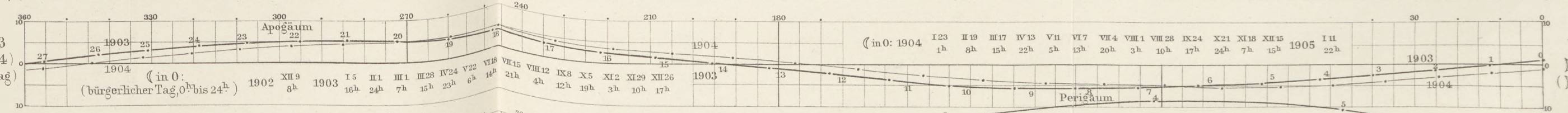
VI. Jupiter ♃ (32 Tage)

Saturn ♄
Uranus ♅ Neptun ♆



VII. (1903) (1904)

(Intervall 1 Tag)



VIII. Stellung von Merkur und Venus relativ zur Sonne

(Intervall 16 Tage)
Doppelter Maßstab

