

## Ein neues Universal-Elektroskop.

Von Theod. Wulf in Valkenburg (Holland).

Bei den Versuchen, die einzelnen Alphateilchen mittels der Geigerschen Spitzenkammer auch in der Vorlesung und im Unterricht nachzuweisen, machte sich das Bedürfnis nach einem Elektroskop mit großer Einstellgeschwindigkeit, genügender Empfindlichkeit und dabei von beträchtlicher Einfachheit und Billigkeit geltend.

Da erinnerte ich mich eines noch unveröffentlichten Modells, das ich seit Jahr und Tag im Schrank stehen habe, holte es hervor und konnte sogleich die gewünschte Vorführung machen. Beim weiteren Arbeiten erwies sich das Elektroskop als ein ganz vorzügliches Instrumentchen, zu allen elektrischen Aufgaben in allen nur denkbaren Anwendungsarten hervorragend brauchbar, weshalb es angebracht sein dürfte, dasselbe kurz zu beschreiben und seine Wirkungsweise zu erklären.

### A. Beschreibung des Elektroskops.

1. Das neue Instrument ist ein Mittelding zwischen dem gewöhnlichen Elektroskop mit einem Aluminiumblättchen und dem Einfadenelektrometer. An Stelle des Blättchens tritt ein 6 cm langes, nur 1 mm breites Bändchen aus dünnster Aluminiumfolie. Das Bändchen endigt unten nicht frei, sondern wird ähnlich wie die Fäden des Einfadenelektrometers durch einen elastischen Quarzfadenbügel gehalten. Beim Ausschlag gibt der elastische Bügel mehr oder weniger nach und zieht das Bändchen nachher mit großer Präzision in die Anfangslage zurück. Dadurch bekommt das Instrument folgende Eigenschaften.

1) Die Einstellung erfolgt sehr schnell. Wenn man einen geriebenen Glasstab in der Nähe des Bändchenträgers hin und zurück bewegt so schnell man nur kann, bis schließlich der Stab mit dem Auge nicht mehr zu verfolgen ist, so folgt auch das Bändchen jeder dieser Bewegungen, bis auch sein Bild auf dem Projektionsschirm als breites zitterndes Band erscheint.

2) Die größte Ausweichung findet in der Nähe der Mitte statt. Wenn man diese Stelle des Bändchens auf einem Schirm abbildet, so erhält man ein schwach gekrümmtes Bogenstück, das bei der Ablenkung sich den Strichen einer Skala gleichlaufend verschiebt.

3) Da das Bändchen an beiden Enden gehalten wird, so ist die Einstellung viel bestimmter als bei einem freihängenden Blättchen, das durch jede Luftströmung mitgenommen wird.

4) Das sonst oft beobachtete Rucken und Stauchen der Blättchen findet bei so schmalen Streifen nicht statt.

5) Das Instrument ist ohne jede Arretiervorrichtung zu verschicken. Es kann auch auf den Kopf gestellt gebraucht werden.

2. Da die Schmalseite der Folie von etwa 1  $\mu$  Dicke ein sehr ungeeignetes Bild zur Beobachtung für einen größeren Zuhörerkreis geben würde, ist das Bändchen am unteren Ende, um 180° um seine Längserstreckung gedreht, an den Quarzbügel angekittet. Dann erreicht die Torsion ungefähr in der Mitte des Bändchens 90°, d. h. es bietet dem Licht seine Breitseite von 1 mm dar und wird in dieser Lage von den

beiden Enden her dauernd festgehalten. Bei 10—20 facher Vergrößerung durch Bildwurf erhält man ein helles Feld, durchsetzt von dem weithin sichtbaren vergrößerten Schatten des Bändchens von 1—2 cm Breite.

3. Die übliche Anordnung des Quarzbügels in der Verlängerung des Fadens würde jedoch nur eine sehr geringe Ausschlagsweite gestatten, einige Millimeter, die zur Ablesung unbedingt ein Mikroskop erfordern würden. Sollte trotz der elastischen Befestigung eine große Ausschlagsweite gewahrt bleiben, wie sie beim Blättchenelektroskop vorhanden ist, so mußte eine ganz neue Anordnung des Quarzbügels getroffen werden. Es wurde deshalb der Quarzfadenbügel nicht wie bisher in der Verlängerung des Bändchens angebracht, sondern der Bügel wurde vom unteren Befestigungspunkt  $B$  des Bändchens (Fig. 1) nach oben zurückgeführt und hinter dem Träger des Bändchens bei  $C$  angekittet. Wenn nun das Bändchen abgestoßen wurde, so konnte sein

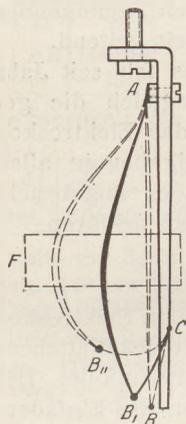


Fig. 1.

unteres Ende sich heben und seitwärts weit von dem Träger entfernen ( $B$ ,  $B_I$ ,  $B_{II}$ ). Dadurch erhielt das Bändchen die Möglichkeit, sich in seiner Mitte ungefähr eben so weit aus der Ruhelage zu entfernen, wie das frei hängende Blättchen. Fig. 1 zeigt die Gestalt des Bändchens und des Quarzbügels bei kleinen und großen Ausschlägen.

Die übrige Einrichtung ist von der sonst bei Elektroskopen üblichen kaum verschieden. Als Gehäuse dient ein liegender Zylinder, der in der Höhe ver-

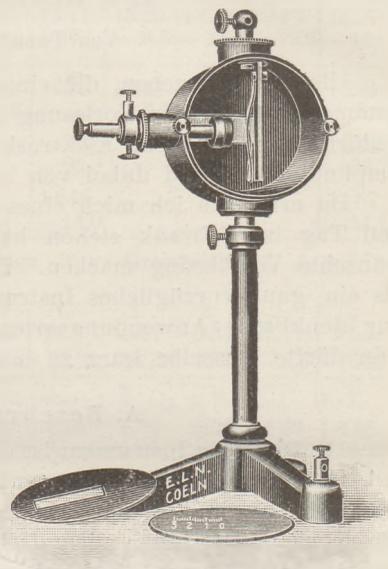


Fig. 2.

stellbar auf einem Dreifuß sitzt. Die Verschlußplatten bestehen ähnlich wie beim Braunschenschen Elektrometer aus je einer Glasscheibe und einer Blechplatte mit den in Fig. 1 angedeuteten Fenstern  $F$  zum Durchlassen des Lichtes. Eine Ansicht des Ganzen bei vorn geöffnetem Gehäuse zeigt Fig. 2. Die Influenzschneide, hier als kreisrunde Scheibe gestaltet, ist wie bei dem Einfadenelektrometer isoliert und verschiebbar von etwa 1 mm bis 30 mm Abstand von dem Bändchen in der Ruhelage. Dadurch kann die Empfindlichkeit in weiten Grenzen geändert werden. Als Isolator wird Bernstein verwendet.

### B. Die Ablesung des Ausschlages.

Die Ablesung erfolgt bei den Elektroskopen im wesentlichen auf drei verschiedene Weisen:

1) Zur Vorführung vor einem größeren Zuschauerkreis durch Bildwurf auf eine Skala oder einen Schirm.

2) Durch photographisches Registrieren der Ausschläge auf bewegten Platten, Filmen oder Papieren.

3) Durch unmittelbare oder mikroskopische Ausmessung durch einen Einzelbeobachter.

Das vorliegende Instrument erweist sich für alle drei Arten der Ablesung in gleicher Weise geeignet.

1. In erster Linie ist es als Schulinstrument gedacht, es sollte im nur mäßig verdunkelten Saal ein weithin sichtbares Bild geben. Zu dem Zwecke kann das Bändchen

einfach mittels jeder vorhandenen Bildwurfeinrichtung sichtbar gemacht werden, indem das Elektroskop an die Stelle der Glasbilder gebracht wird. Wo eine solche Einrichtung nicht vorhanden ist, oder man sich von derselben unabhängig machen will, genügen die verschiedenen bekannten Scheinwerferlämpchen von 6—12 Volt zum Entwerfen des Bildes. Wird das Licht derselben durch eine Kondensorlinse gesammelt, so kann man sogar mit einem einfachen Brillenglas von 5—10 Dioptrien das Bändchen so abbilden, daß es mit hinreichender Deutlichkeit in einem Saal gesehen werden kann. Schärfere Bilder gibt natürlich eine achromatische Linse oder das Objektiv eines Projektionsapparates. Will man nur die Ausschläge zählen, so genügt irgend ein Schirm oder eine weiße Wand; will man sie auch messen, so wirft man das Bild auf eine Skala.

2. Bringt man an die Stelle des Schirmes eine undurchsichtige Platte mit einem schmalen horizontalen Spalt, oder sammelt das Licht durch eine Zylinderlinse, so erhält man eine helle horizontale Linie, die an der Stelle des Bändchens von einem kurzen dunkeln Strich unterbrochen ist, so lang als das Bild des Bändchens breit ist.

Eine lichtempfindliche Platte, senkrecht zu dieser Lichtlinie bewegt, gibt deshalb den Ausschlag des Bändchens mit allen Einzelheiten wieder. Wenn auch solche Registrierungen im Unterricht nicht gemacht werden können, so sei doch

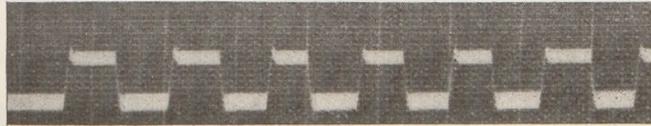


Fig. 3.

zum Nachweis, wie genau das Elektroskop sich einstellt, ein Beispiel von einer solchen Aufnahme hier wiedergegeben (Fig. 3). Die Kurve gibt den ganzen Verlauf der Einstellung des Bändchens, wenn plötzlich bei  $A_1, A_2, A_3$  eine Spannung angelegt und bei  $B_1, B_2, B_3$  das Bändchen geerdet wird. Die hellen Querstriche über das ganze Lichtband sind Sekundenmarken. Sie kamen so zustande, daß ein Sekundenpendel bei jedem Ausschlag einmal den Lichtkegel durchschneidet. Die Papiergeschwindigkeit betrug also ca. 12 mm/sec. und man sieht, daß das Bändchen innerhalb eines sehr kleinen Bruchteils einer Sekunde eine neue Stellung einnimmt, sowie daß die Einstellung nahezu aperiodisch erfolgt mit einem sehr kleinen Ansatz zur ersten Schwingung. Man sieht auch, mit welcher Genauigkeit die Ausschläge sich wiederholen, wenn jedesmal dieselbe Spannung angelegt wird. Eine zugleich aufgezeichnete Millimeter-skala gestattet die Größe der Ausschläge zu messen.

3. Die objektive Darstellung des Ausschlags verlangt stets eine Lichtquelle und ein wenigstens teilweise abgedunkeltes Zimmer. So zweckmäßig das alles ist bei Vorführungen vor einem größeren Zuhörerkreis, so wird man doch bei Beobachtungen im Freien oder im Flugzeug, auch im Laboratorium, wenn nur ein Beobachter die Ausschläge ablesen soll, lieber auf die künstliche Lichtquelle verzichten. Wir haben deshalb für diese Einzelbeobachtungen doch wieder ein schwach vergrößerndes Mikroskop angebracht. Wie man aus den Kurven Fig. 4 ersieht, sind die Einstellungen so genau, daß sie die Anwendung eines solchen Präzisionsinstrumentes, wie das Mikroskop mit 100teiliger Okularskala ist, durchaus rechtfertigen. Das Mikroskop hat ein sehr schwaches Objektiv von 3 cm Brennweite, damit einerseits das Sehfeld recht groß werde und andererseits das Bändchen nicht durch die große Annäherung des Objektivs gestört werde. Man stellt auf den einen Rand des Bändchens ein. Die Einstellung erfolgt einfach von Hand, was bei einem so schwachen Objektiv vollkommen ausreicht. Das Rohr, in welchem das Mikroskop verschoben wird, ist in eine kreisrunde Platte eingesetzt, die an Stelle einer der zwei Glasplatten das Gehäuse abschließt. Indem dieses Rohr 2 mm außerhalb der Plattenmitte eingesetzt ist, kann man durch Drehen der Platte das Mikroskop 4 mm nach rechts und links verschieben, um das Bändchen in der Ruhelage mit dem Anfangspunkt der Teilung zusammenfallen zu lassen. Daß

dabei das Mikroskop auch um 2 mm gehoben und gesenkt wird, beeinträchtigt die Genauigkeit der Ablesung nicht, da das Bändchen in der Mitte ja über eine größere Strecke senkrecht verläuft.

Es soll aber diese Möglichkeit der mikroskopischen Ablesung nicht der leichteren Anschaffung des Instrumentes für den Unterricht im Wege stehen. Darum ist einmal das Mikroskop sehr einfach gehalten, und außerdem wird das Elektroskop auch ohne Mikroskop und ohne Projektionsvorrichtungen abgegeben, damit man etwa vorhandene Einrichtungen dazu benutzen kann.

### C. Die Wirkungsweise des Instrumentes.

Bisher wurden von einem Elektroskop zweierlei Leistungen verlangt. 1. Meist diente es zum Nachweis oder zur Messung von elektrischen Spannungen. 2. Dazu kamen im Entladungs- und Aufladeelektroskop Ausschläge durch eine Reihenfolge

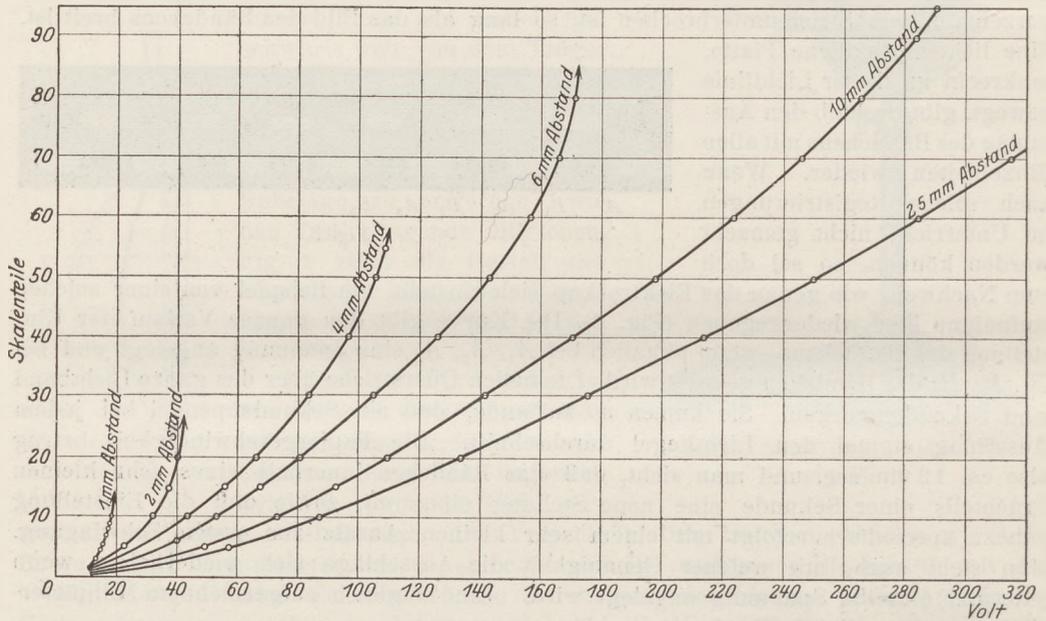


Fig. 4.

von Entladungen, die schließlich auf Messung von Elektrizitätsmengen und Stromstärken hinausliefen. 3. Erst in den letzten Jahren werden Elektrometer auch zur Zählung der einzelnen Alpha- und Betateilchen radioaktiver Körper verwendet. Das vorliegende Instrument ist zur Lösung aller drei Aufgabengruppen in gleicher Weise geeignet und darf darum auch aus diesem Grunde als Universalelektroskop bezeichnet werden.

1. Die Spannungsmessung beruht darauf, daß jeder angelegten Spannung ein ganz bestimmter Ausschlag entspricht. Wie genau bei dem vorliegenden Instrument beide einander entsprechen, wurde schon erwähnt und ebenfalls auf die Größe der Ausschlagsmöglichkeit hingewiesen. Die Empfindlichkeit, d. i. der Ausschlag für ein Volt Spannung ist durch verschiedene Annäherung der Influenzplatte in weiten Grenzen zu ändern. Es erübrigt nur noch, die Eichkurven mitzuteilen, welche die Ausschläge bei den verschiedenen Potentialen angeben. Fig. 4 enthält eine Zusammenstellung derselben bei verschiedenen Entfernungen des Influenzzyinders von dem Bändchen in der Ruhelage, nämlich bei 1, 2, 4, 6, 10 und 25 mm Abstand. Die Potentiale wurden an einem Zweifadenelektrometer, das bis 300 Volt geeicht war, abgelesen. Die Ausschläge des Bändchens wurden an einem Mikroskop mit 100 teiliger

Okularskala gemessen. Man sieht, daß die ersten 4 Kurven schon unterhalb 300 Volt mit einem senkrecht nach oben zeigenden Pfeil endigen. Dadurch wird angezeigt, daß bei dieser Spannung das Bändchen dem Influenzzyylinder so nahe kommt, daß es an ihn anspringt. Bei 1 mm Abstand in der Ruhelage ist das schon bei etwa 18 Volt der Fall, bei 2 mm kann man bis 43, bei 4 mm bis 110 und bei 6 mm Abstand bis 173 Volt aufladen, bevor das Bändchen labil wird und anspringt. Bei dem größten Abstand der Influenzplatte von etwa 30 mm kann man mit dem Instrument Spannungen bis etwa 800 Volt messen.

2. Das Entladeelektroskop. Soweit man aus den Lehrbüchern schließen darf, findet die Verwendung des Elektroskops als Entladeelektroskop bei uns in Deutschland fast nur im ersten einführenden Unterricht statt, wo auf quantitative Bestimmungen noch wenig Wert gelegt wird. Und zu messenden Versuchen geeignete Instrumente waren bisher wenig im Gebrauch. Vor kurzem hat in dieser Zeitschrift HESS <sup>1)</sup> auf die Vorzüge dieser Methode nachdrücklich hingewiesen und gezeigt, wie mittels des Elektroskops des Amerikaners ZELNY besonders Versuche über die Ionisation von Gasen sehr glatt angestellt werden können. ZELNY bedient sich dabei zwar stets des Aufladeverfahrens, indem er ein Aluminiumblättchen an der durch eine Elektrizitätsquelle beständig geladenen Influenzplatte sich aufladen läßt. Indes besteht zwischen



Fig. 5.

beiden Verfahren kein anderer Unterschied als zwischen zwei Schaltungen, die an zwei verschiedenen Stellen geerdet sind. Wenn ZELNY zum Beispiel bei seinem Aufladeverfahren die Influenzplatte auf + 200 Volt ladet, das Blättchen zwischen 200 und 100 Volt schwanken läßt, und die äußere Hülle der Ionisationskammer erdet, so braucht man nur das Potential aller Teile um 200 Volt zu vermindern, dann hat die Influenzschneide 0 Volt, also Erdpotential, das Blättchen schwankt zwischen 0 und - 100 Volt, während die Ionisationskammer - 200 Volt hat. Und das Elektroskop arbeitet als Entladeelektroskop, es ladet sich auf - 100 Volt auf, und entladet sich beim Anspringen an die Influenzplatte zur Erde.

Wie aus Fig. 4 hervorgeht, wird auch bei diesem Elektroskop je nach dem Abstand der Influenzplatte die Lage des Bändchens bei mehr oder weniger hoher Spannung labil. Es können daher alle Versuche, die auf der Abzählung der Bändchenausschläge beruhen, mit dem Universalelektroskop angestellt werden, sowohl im Auflade- wie im Entladungsverfahren. Dabei macht sich ein wichtiger neuer Vorzug des Instrumentes geltend. Durch die elastische Quarzfeder wird das Bändchen nach dem Anspringen sehr wirksam zurückgezogen und bleibt deshalb nicht an der Platte hängen. Nur wenn die Platte so weit genähert ist, daß sich das Bändchen ganz ohne Ausbiegung der Quarzfeder anlegen kann, kommt es vor, daß es nach der Berührung liegen bleibt. Aber auch dann klebt es nicht, man braucht nicht das Gehäuse zu öffnen, sondern es genügt ein Anklopfen mit dem Finger, um das Bändchen alsbald wieder frei zu machen. Man ziehe die Influenzplatte dann etwas zurück, bis das Bändchen sich jedesmal von selber wieder loslöst.

Fig. 5 zeigt die Wirkungsweise des Elektroskops in dieser Schaltung durch eine Aufnahme auf bewegtes lichtempfindliches Papier. An der Influenzplatte lagen dauernd etwa 200 Volt. Oben auf den Träger des Bändchens war als zentrale Elektrode ein kurzer Stab gesteckt. Ein kleines radioaktives Präparat wurde in fester Lage genähert. Man sieht in Fig. 5 die große Regelmäßigkeit, mit welcher sich das

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 37, 240, 1924.

Bändchen bis zum Anspringen (Ausschlag nach oben) entlud, um dann ebenfalls auf 200 Volt aufgeladen zurückzuspringen (in Fig. 5 nach unten). Die Abstände der weißen senkrechten Zeitmarken bedeuten auch hier eine Sekunde.

3. Die dritte Aufgabe, welche neuerdings die Ergebnisse der Radiumforschung dem Elektrometer gestellt haben, besteht darin, daß es durch einen schnellen Ausschlag den Eintritt jedes einzelnen Heliumatoms in die Ionisierungskammer anzeigt. Die Vorführung dieser Versuche im Unterricht erfordert eben ein schulmäßiges Instrument, das diesen Aufgaben gewachsen ist. Das vorliegende Elektroskop dürfte das einzige einfache und billige Schulinstrument sein, das auch diese Aufgabe löst. Einzelheiten darüber bringt der folgende Aufsatz.

Das beschriebene Elektroskop wird von E. Leybolds Nachf. in Köln hergestellt.

## Die Zählung der Alpha- und Beta-Teilchen als Schulversuch.

Von Theod. Wulf in Valkenberg (Holland).

Die Versuche, in welchen direkte Äußerungen des atomistischen Aufbaus der Materie als solche wahrnehmbar werden, gehören ohne Zweifel zu den bedeutungsvollsten Errungenschaften der letzten Jahre. Und nachdem man an der Richtigkeit der Versuche selber, wie ihrer Deutung im Sinne der Atomtheorie nicht mehr zweifeln kann, wird wohl mancher Physiklehrer den Wunsch empfinden, diese Erscheinungen auch in seinem Unterricht vorführen zu können. Deshalb habe ich schon vor einiger Zeit eine einfache Vorrichtung beschrieben zur Darstellung der Atombahnen nach WILSON im Unterricht <sup>1)</sup>.

Ebenso wichtig sind auch die Versuche, in denen RUTHERFORD und GEIGER zuerst die Zahl der Atome durch wirkliches Abzählen gewisser Einzelereignisse gewinnen konnten. Sie verstärkten bekanntlich die von den einzelnen Alphateilchen in einer Ionisationskammer erzeugte Ionisation durch Ionenstoß so lange, bis die große Ionenzahl jedesmal ein sich schnell einstellendes Elektrometer ausschlagen ließ. Wenn es auch nicht angehen dürfte, diese Zählung selbst im Unterricht vorzunehmen, so ist es doch von größter Wichtigkeit, diese abzählbaren Einzelereignisse den Schülern vorzuführen.

Dazu schien am besten jene Anordnung geeignet zu sein, welche GEIGER 1913 <sup>2)</sup> angegeben hat. Er zeigte, daß eine feine, elektrisch geladene Spitze beim Eintreten der einzelnen Alphateilchen eine elektrische Ausstrahlung erfährt, die durch einen Ausschlag eines Elektrometers nachgewiesen werden kann.

Schon im Jahre 1914 habe ich die Versuche GEIGERS mit einfachen Mitteln wiederholt und eine große Zahl von Registrierungen gemacht, ohne jedoch sogleich zu einer restlosen Beseitigung der Schwierigkeiten, die einer Wiederholung des Versuches im Unterricht oder bei den praktischen Übungen entgegenstehen, zu gelangen. Das ist nunmehr der Fall. Und im folgenden seien die Versuchsanordnungen mitgeteilt, die als Schulversuche und sogar als Schülerübungen geeignet sind.

### I. Vorführung der Zählversuche im Unterricht.

Zuerst seien die schwierigen Punkte des Versuchs im einzelnen besprochen, daran fügt sich die kurze Darstellung der Gesamtanordnung.

1. Die wirksame Spitze. Trotz häufiger Wiederholung der Geigerschen Versuche scheint die Beschaffung einer Spitze, die „gut geht“, noch eine recht heikle Sache zu sein. Und es ist unbedingt zuzugeben, solange man allein auf die Herstellung der Spitze längere Zeit und Mühe verwenden muß, ist die Einrichtung für die Vorführung im Unterricht noch nicht reif.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 36, 245, 1923.

<sup>2)</sup> GEIGER, Phys. Zeitschr. 14, 1129, 1913.

Die Vorschriften zur Beschaffung einer guten Spitze sind vielfach noch recht unbestimmt. So heißt es in KOHLRAUSCH, *Prakt. Physik 14. Aufl. S. 726, 1923.* „Gut abpolierte und ausgeglühte Spitzen, am besten aus Platin, sind erforderlich.“

Die Spitzenfrage fand für mich nach jahrelangem Suchen eine sehr einfache und gründliche Lösung, als ich auf den Gedanken kam, Grammophonnadeln zu versuchen. Solche Grammophonnadeln sind überall für geringen Preis erhältlich, alle von weitgehend gleicher Beschaffenheit und von einer Gestalt und Größe, daß sie ohne jede Bearbeitung in die Ionisationskammer eingesetzt werden können. — Nur eines ist dabei zu beachten: die Spitzen müssen peinlichst sauber gehalten werden von anhaftenden Stäubchen, Körnchen und Fäserchen. Man betrachte die Spitze mit einer starken Lupe bei greller Beleuchtung und wische sie mit einem nicht fasernden Gegenstand ab (Stanniol oder mit Benzin getränkte Watte erwiesen sich brauchbar). Auch wenn eine Nadel, die einige Zeit gut gewirkt hat, plötzlich versagt, öffne man die Kammer und betrachte die Nadel, man wird meist ein Stäubchen oder Fäserchen finden, das von der geladenen Nadel angezogen wurde. Dieser eine Punkt kann nicht zu stark betont werden.

Vermutlich sind auch die polierten Spitzen nur darum besser, weil sie leichter sauber gehalten werden können, und die Wirkung des Ausglühens besteht wohl vor allem in dem Verbrennen der anhaftenden Fäserchen und dergl. (Auch bei Grammophonnadeln macht ein ganz kurzes Ausglühen in der Bunsenflamme oder der Spirituslampe eine bisher versagende Spitze oft zu einer gut wirkenden). Wie dem auch sei, jedenfalls ist es sehr wichtig, die kleine Ionisationskammer möglichst staubfrei zu halten. Die obere Öffnung zum Eintreten der Alphateilchen wird deshalb zweckmäßig mit einem dünnen Stanniol- oder Glimmerstückchen geschlossen, die für die Alphateilchen noch durchlässig sind.

Auf die Feinheit der Nadel kommt es nicht an, dickere und stumpfere Nadeln erfordern eine höhere Spannung, geben dann aber auch größere Ausschläge als feinere Spitzen. Ich ziehe deshalb für Demonstrationsversuche die dickeren Sorten vor.

2. Die Hochspannungsquelle. Um die feineren Spitzen durch Alphateilchen zur Entladung zu bringen, müssen sie auf etwa 2000 Volt geladen sein. Bei den weniger feinen Grammophonspitzen ist die Spannung noch höher, gegen 3000—3500 Volt. Eine so hohe Gleichspannung dürfte in Form von Elementen oder Dynamomaschinen nur selten zur Verfügung stehen. Ich habe von Anfang an diese Spannung aus einer Leidenerflasche bezogen, die durch ein Influenzmaschinchens aufgeladen war. Wenn man die Flasche erst viel höher aufladet, dann eine Zeitlang geladen stehen läßt, so verschwindet bekanntlich ein großer Teil der Ladung als Rückstand im Dielektrikum. Wenn man dann etwa durch Berühren mit einem Holzstab die Spannung der Belege auf 3500 Volt erniedrigt, so kriecht diese Ladung aus dem Glas langsam zurück und bewirkt, daß die Spannung lange Zeit erhalten bleibt. Ich habe in einem günstigen Falle mit einer Flasche von 45 cm Höhe des Belags und 35 cm Durchmesser, ohne nachladen zu müssen,  $\frac{1}{4}$  Stunde lang die Ausschläge des Elektrometers durch die Alphateilchen beobachten können.

Die Leidenerflasche ist als Spannungsquelle nicht bloß ein Notbehelf für die Hochspannungsbatterie, sie ist derselben für Demonstrationsversuche sogar entschieden überlegen. Diese Überlegenheit liegt zunächst in der großen Leichtigkeit, mit welcher man beliebig hohe Spannungen durch einfaches Drehen des Influenzmaschinchens herstellen kann. Nebenbei ist eine Leidenerflasche selbst auf 5000 Volt geladen, einer Schlagweite von ca. 1 mm entsprechend, völlig ungefährlich, was man von einer Akkumulatorenbatterie von 1000 Volt gewiß nicht behaupten kann. Der Hauptvorteil der Leidenerflasche liegt jedoch im folgenden.

3. Eine dritte, wenn auch nicht schwierige, so doch oft lästige und zeitraubende Aufgabe liegt in der Ermittlung der Spannung, die für die gerade eingesetzte Nadel notwendig ist zum Gelingen der Versuche. Bei Benutzung einer Hochspannungs-

batterie oder dergl. wird man eben verschiedene Spannungen probieren und darauf einige Zeit verwenden müssen, zumal man bei Mißerfolg nicht weiß, ob die Spannung nicht die richtige Höhe hat, oder ob die Spitze ungeeignet ist. Bei Benutzung der geladenen Leidenerflasche erledigt sich diese ganze Frage in einigen Sekunden. Man ladet die Flasche zuerst auf etwa 4—5000 Volt, was man zweckmäßig an einem zugeschalteten Braunschen Elektrometer abliest. Wenn dann die Nadel mit der Spannung verbunden wird, so tritt Selbstentladung ein, die elektrische Ladung strömt aus der Spitze aus, das Flaschenpotential sinkt langsam und wenn das Elektrometer nicht geerdet ist, so ist es dauernd in Bewegung. Nach einigen Sekunden ist die Spannung so weit gesunken, daß die Selbstentladung aufhört und das Fadenelektrometer zur Ruhe kommt. Und wenn man jetzt das Radiumpräparat der Öffnung der Zählkammer nähert, wird man sofort große und lebhaft Ausschläge sehen. Denn gerade diese Spannung der Leidenerflaschen, die sich durch Selbstentladung automatisch herstellt, ist die denkbar günstigste für die Versuche.

Alle der Nadel anhaftenden Stäubchen und Fäserchen haben nun die Wirkung, die Grenze dieser Selbstentladung weiter herunterzusetzen. Wenn sich daher nach Aufhören der Selbstentladung nicht sofort die Entladungsstöße durch die Alphateilchen einstellen, so kann man sicher damit rechnen, daß die Nadel unsauber ist. Man nimmt sie von neuem vor, um die anhaftenden Stäubchen zu entfernen.

Seitdem ich so verfare, habe ich keine Grammophonadel mehr als unbrauchbar fortlegen müssen. Wohl aber trifft man noch mehr oder weniger gute Nadeln. Man zögere darum nicht zu lange, eine nicht befriedigende Nadel durch eine andere zu ersetzen.

Während der Entladung sinkt die Spannung der Leidenerflasche natürlich langsam. Die Ausschläge werden schließlich zu klein, dann muß man durch 1—2 Umdrehungen der Influenzmaschine nachladen.

4. Um die Spitzenentladung sichtbar zu machen, legt man an das Gehäuse der Ionisationskammer ein Elektrometer mit schneller Einstellung. Dazu sind vor allem die Fadenelektrometer geeignet. Besonders empfindlich brauchen sie nicht zu sein, da man nach dem beschriebenen Verfahren Aufladungen auf 60 Volt und mehr bekommt. Es ist daher sowohl das Ein- wie das Zweifadenelektrometer des Verf. dafür geeignet. Das Einfadenelektrometer braucht auch keine Hilfsladung an den Schneiden.

Um das Elektrometer zwischen dem Eintreffen der verschiedenen Alphateilchen wieder zu entladen, verbindet man es durch einen sehr hohen Widerstand dauernd mit der Erde. Der Widerstand muß  $10^9 - 10^{10}$  Ohm betragen. Tuschestriche auf Papier sind brauchbar und haben noch den Vorteil, daß sie durch Verschieben der Ableitungsstellen leicht veränderlich zu machen sind. Ein Widerstand wird geeignet sein, wenn er ein aufgeladenes Elektroskop so langsam zur Entladung bringt, daß man dem Zusammenfallen der Fäden oder Blättchen bequem mit dem Auge folgen kann.

Obwohl die Fadenelektrometer sich wegen ihrer kleinen Kapazität und ihrer schnellen Einstellung bei derartigen Untersuchungen sehr bewährt haben und namentlich auch weil sie sich besonders leicht zum Registrieren eignen, so lassen sie doch für die Demonstration der Versuche zu wünschen übrig. Abgesehen davon, daß sie stets mit Mikroskop versehen sein müssen und daher nicht wohlfeil sein können, ist auch die beim Vorführen notwendige weitgehende Abdunklung eine unangenehme Beigabe für den Unterricht. Ich habe deshalb schon seit Jahren den Wunsch gehegt, ein einfaches und billiges Elektroskop zu besitzen, dessen Empfindlichkeit und Schnelligkeit groß genug sind für diese Versuche. Dieser Wunsch hat sich jetzt in sehr vollkommener Weise erfüllt. Das im vorhergehenden Aufsatz beschriebene Instrumentchen hat alle Eigenschaften, die zur Lösung dieser Aufgabe erforderlich sind. Hier sei nur noch die Behandlung des neuen Elektroskops für diesen Zweck besprochen, im übrigen auf den vorstehenden Aufsatz verwiesen.

5. Wenn man die hohe Spannung an die Nadelspitze anlegt und das Elektroskop mit dem Gehäuse der Ionisationskammer verbindet, so erhält das Bändchen eine Ladung, so oft ein Alphateilchen eintritt. Anfangs hatte ich gedacht, diese Ladung dadurch zur Beobachtung zu bringen, daß die Influenzplatte dem Bändchen so weit genähert würde, daß das Bändchen jedesmal an die Platte anspränge, so oft ein Alphateilchen in die Kammer flog. Und es ist auch möglich, daß der Versuch sich in Wirklichkeit so abspielt, aber man hat keine Sicherheit, daß es so ist. Denn eine gleichmäßige Ionisation, hervorgebracht durch eine Reihe schnell nacheinander eintretender Alphateilchen, würde auch schließlich das Bändchen zum Anspringen bringen, also eine ganz ähnliche Erscheinung hervorrufen. Man darf also bei diesen Versuchen das Elektroskop nicht als Entladungselektroskop schalten. Ich kehrte daher zu der alten Methode zurück.

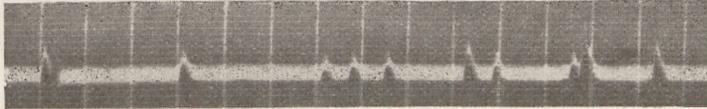


Fig. 1.

Das Bändchen wurde durch einen hohen Widerstand von  $10^9$ — $10^{10}$  Ohm mit der Erde verbunden. Eine langsame Aufladung durch die ionisierte Luft der Spitzenkammer mußte nun durch diesen Widerstand zur Erde abfließen, ohne das Elektroskop merklich zu beeinflussen. Wenn aber plötzlich eine sehr große Zahl von Ionen in der Kammer erzeugt wurde, so konnte die entsprechende Ladung nicht so schnell durch den Widerstand abfließen, das Elektroskop wird einen Augenblick aufgeladen und macht einen Ausschlag, um dann sogleich, wenn die Ladung durch den Widerstand abfließt, langsam in die Ruhelage zurückzukehren, wo es dann wieder unbewegt stehen bleibt, bis ein neues Alphateilchen kommt.

Da ich gerade eine Registriervorrichtung in Gebrauch hatte, so habe ich solche Ausschläge auch photographisch registriert. Fig. 1 enthält eine Probe solcher Auf-

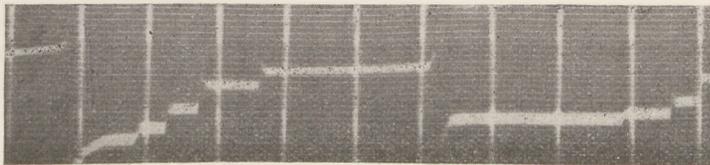


Fig. 2.

nahmen. Die senkrechten Linien bedeuten Sekunden, wie im vorstehenden Aufsätze. Vielleicht ebenso eindrucksvoll ist eine andere Art der Darbietung, die insofern noch einfacher ist, als sie den hochohmigen Widerstand nicht braucht. Wenn man also den Widerstand fortläßt und die Influenzplatte nicht bis zur höchsten Empfindlichkeit nähert, so wird das Bändchen, beim Eindringen eines Alphateilchens in die Ionisationskammer plötzlich aufgeladen, einen kleinen Sprung machen und dann (weil es ja isoliert ist) still stehen bleiben. Beim Eintreffen eines zweiten Teilchens wird es etwas weiter springen, wieder still stehen, und so fort bis es vielleicht beim fünften oder sechsten Teilchen die Influenzplatte erreicht. Dann wird es sich entladen, auf Null zurückschnellen und dasselbe Spiel von neuem beginnen, indem es jedesmal in einigen Sätzen durch das Gesichtsfeld hüpf und dann wieder an den Anfang zurückfliegt. Eine photographische Aufnahme dieses Vorgangs auf einen bewegten Streifen lichtempfindlichen Papiers zeigt Fig. 2. Die Anordnung ist dieselbe wie bei Fig. 1, nur daß der hohe Widerstand entfernt war. Bei  $A_1$ ,  $A_2$  fand Anspringen und Entladung statt.

6. Nunmehr sei noch die Gesamtanordnung des so vereinfachten Versuchs in Fig. 3 dargestellt. Auf der Leidenerflasche  $L$  sitzt die Ionisationskammer  $K$ . Die hohe Spannung liegt an der Spitze. Das ist vorzuziehen, damit man nicht bei ungewollten Berührungen im verdunkelten Zimmer Schläge bekommt und die Flaschen entladet. Mit dem Gehäuse der Kammer ist das Elektrometer  $E$  verbunden, als das neue Universalelektroskop gezeichnet.  $W$  ist der hohe Widerstand. Das ist das Wesentliche. Bequem ist noch ein Braunsches Elektrometer  $B$ , das stets die Spannung an der Nadel erkennen läßt. Das Influenzmaschinchens  $M$  ist an die Leidenerflasche oder das Braunsche Elektrometer angelegt und bleibt am besten dauernd verbunden. Eine Funkenstrecke ist dabei zu vermeiden, weil dadurch das Fadenelektrometer gefährdet werden könnte; dem neuen Elektroskop kann es nichts anhaben.

Man findet in der Literatur häufig die Regel aufgestellt, daß die Nadel negativ geladen sein soll gegenüber dem Gehäuse der Kammer. Das ist zwar nicht notwendig, aber für den Anfang zu empfehlen. Denn bei negativ geladener Spitze ist der Spielraum für die günstige Spannung mehrmals größer als bei positiv aufgeladener Spitze <sup>1)</sup>.

7. Die Ausführung der Versuche ist nun sehr einfach. Vorsichtshalber wird

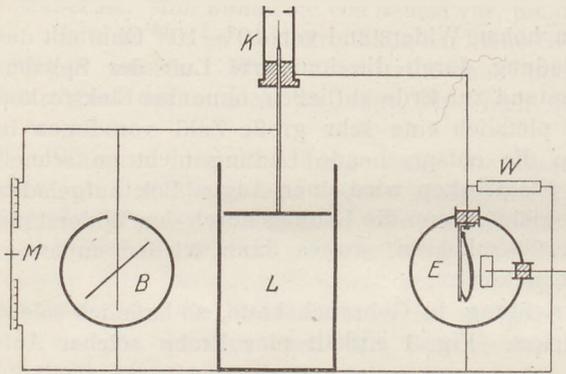


Fig. 3.

man den Faden des Elektrometers zuerst an Erde legen. Man beginnt dann durch Drehen des Influenzmaschinchens den Kondensator zu laden. Wenn man einen Augenblick innehält, wird man anfangs merken, daß das Braunsche Elektrometer die Ladung behält. Bei 3000—3500 Volt (je nach der Spitze) wird es durch Selbstentladung aus der Spitze merklich zurückgehen und dann etwa bei 3000 Volt stehen bleiben. Beim Annähern eines Ra-Präparats an die Öffnung der Ionisationskammer wird sich nun das Faden-

elektrometer lebhaft in Bewegung setzen. Sollte das nicht der Fall sein, so ist zu vermuten, daß die Spitze nicht sauber ist. Man nehme sie heraus, untersuche und säubere sie. Hat man so die günstigste Spannung für die eingesetzte Nadel gefunden, so trennt man am besten die Zelle von der Leidenerflasche, ladet dann die Flasche hoch auf etwa bis 20000 Volt und läßt sie so geladen etwa 1 Minute lang stehen. Will man dann die Versuche vorführen, so entladet man zuerst die Leidenerflasche etwa durch Berühren mit einem Holzstab oder dergl. bis zu der günstigsten Spannung. Dann legt man die Nadel an die Leidenerflasche, ohne dieselbe zu entladen. Das ist sehr leicht möglich, indem man den Draht, der von der Nadel ausgeht, am anderen Ende an einem Glas- oder Ebonitstab befestigt und das zu einem Haken gebogene Ende an den Kopf der Leidenerflasche hängt. Die Spannung wird dann, wenn die Leidenerflasche nicht zu klein ist, reichlich solange vorhalten als man zu den Versuchen braucht. Wenn nötig, lade man durch einige Umdrehungen der Influenzmaschine nach.

## II. Die Zählversuche in den praktischen Übungen.

Die zuletzt beschriebene Anordnung mit dem neuen Elektroskop könnte wohl auch in den Übungsstunden von Schülern benutzt werden. Jedoch ist die folgende Beobachtungsweise von noch größerer Einfachheit. Nachdem schon mehrfach versucht war, die Entladungen der Ra-Strahlen in der Spitzenkammer durch Elektronenröhren

<sup>1)</sup> Weitere Einzelheiten darüber siehe Phys. Zeitschr. Bd. 26, 1925.

so weit zu verstärken, daß man sie im Telephon hören kann, ist es kürzlich GREINACHER <sup>1)</sup> gelungen, die Verstärkung so weit zu treiben, daß ein größerer Zuhörerkreis den Eintritt der einzelnen Alpha- und Betateilchen in die Ionisationskammer durch kleine Knallwirkungen, die aus dem lautsprechenden Telephon kommen, wahrnehmen kann. Da ich mit den Grammophonnadeln so starke Ausschläge des Elektrometers erhielt, habe ich versucht, die Entladungen ganz ohne jede weitere Verstärkung im Telephon zu hören. Ich gebrauchte dazu allerdings ein neueres Kopftelephonpaar von 2000 Ohm Widerstand und hatte damit auch sogleich Erfolg.

Das Wesentliche der Anordnung zeigt Fig. 4. Auf dem Kopf der Leidenerflasche sitzt die Nadel mit der Kammer. Die Wand der Kammer ist über das Telephon mit der anderen Belegung der Flasche verbunden. Notwendig ist noch zum Aufladen der Flasche ein Influenzelektriermaschinen (das aber bei dem eigentlichen Versuch nicht mitwirkt) und zweckmäßig zum Feststellen der Ladung der Flasche ein Braunsch'sches Elektrometer, beide mit den zwei Belegen der Flasche dauernd verbunden, wie in der Schaltung nach Fig. 3.

Man ladet zuerst die Flasche auf bis etwa 4000 Volt. Auch dabei hört man im Telephon ein leises Geräusch der bewegten Elektrizität. Wenn die Maschine angehalten wird, tritt bei so hoher Spannung im allgemeinen Selbstentladung der Flasche durch die Nadelspitze ein, die man ebenfalls als Knacken, Pfeifen, Rauschen im Telephon hört. Dann schweigt das Telephon, etwa wenn die Spannung der Flasche auf 3000 Volt gesunken ist. Bei guten Nadeln hört das noch gut vernehmbare Geräusch recht plötzlich auf. Wenn man dann ein Radiumpräparat bis auf wenige Zentimeter der Blende der Ionisationskammer nähert, so hört man deutlich die einzelnen Alphateilchen. Bei größerer Entfernung, kleiner Blende und schwachem Präparat vielleicht nur ein oder einige Stöße je Sekunde, bei größerer Blende usw. folgen die Stöße schneller aufeinander, ein kleines atomistisches Maschinen- gewehrfeuer.

Dabei sinkt natürlich die Spannung der Flasche, die Stöße werden allmählich leiser. Hat man sich die Spannung gemerkt, bei welcher die Nadel die Selbstentladung einstellt, so ladet man jetzt durch 1—2 Umdrehungen des Influenzmaschinen nur soweit nach. Um nicht zu oft nachladen zu müssen, ist es deshalb zweckmäßig, eine recht große oder mehrere parallel geschaltete Leidenerflaschen zu verwenden.

Man kann auch mehrere Schüler zugleich die Versuche machen lassen. Wenn man mehrere Telephone in Reihe schaltet, wird die Wirkung dadurch nicht merklich schwächer.

Gegenstände der Untersuchung können neben manchem anderen besonders folgende Punkte sein.

1. Vor allem eben das Auftreten der einzelnen Alphateilchen, die uns den atomistischen Bau der Materie enthüllen.

2. Es gibt wohl keine Gelegenheit, wo man den Begriff des statischen Naturgesetzes klarer vor Augen hätte als hier. Denn einmal hat man in der Ionisation, gemessen durch die langsame Entladung des Elektroskops, die Wirkung einer großen Zahl von Teilchen, und man findet diese Wirkung bei langsamer zerfallenden Produkten merklich konstant, bei schneller zerfallenden gesetzmäßig sich ändernd nach der betreffenden Halbwertszeit. Andererseits wird derselbe Vorgang nun aufgelöst in die kleinsten Elementarereignisse, und diese sieht man in großer Regelmäßigkeit sich abspielen.

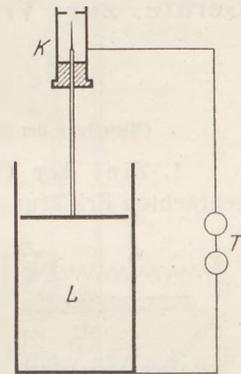


Fig. 4.

<sup>1)</sup> GREINACHER, Zeitschr. f. Physik 23, 361, 1924.

3. Die verschiedenen Tatsachen der Radioaktivität. Zuerst wird man, der größeren Leichtigkeit der Versuche wegen, die Nadel negativ laden. Man beobachtet sehr leicht die Reichweite der Alphastrahlen in Luft, indem man das Präparat zwischen 10 und 0 cm Abstand von der Blende langsam hin und herbewegt; ferner die geringe Durchdringungsfähigkeit durch zwischengeschobene Papier- und Stanniolblättchen.

Ebenso die viel größere Reichweite und Durchdringungsfähigkeit der Betastrahlen.

4. Bei schneller zerfallenden Stoffen, etwa den Induktionen, die man auf einem Draht aus der Luft gesammelt hat, das Abklingen der Radioaktivität. Dabei muß man sich eine Vorrichtung in der Nähe der Ionisationskammer anbringen, um das Präparat immer an dieselbe Stelle zurückbringen zu können.

5. Schließlich kann man auch schwerere Aufgaben versuchen, wie die starke Ablenkung der  $\beta$ -Strahlen durch ein magnetisches Feld.

Hoffentlich tragen diese Ausführungen dazu bei, den Phasenwinkel zwischen Forschung und Unterricht, von dem kürzlich Hr. BAVINK <sup>1)</sup> schrieb, etwas zu verkleinern.

## Geräte zur Veranschaulichung der Koppelungerscheinungen.

### Dritter Beitrag zur Schwingungslehre <sup>2)</sup>.

Von Dr. Curt Fischer in Berlin.

(Mitteilung der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin.)

1. Ziel der Untersuchung. Der im vorhergehenden Heft dieser Zeitschrift gebrachten Erklärung der Koppelungerscheinungen soll jetzt die Beschreibung zweier

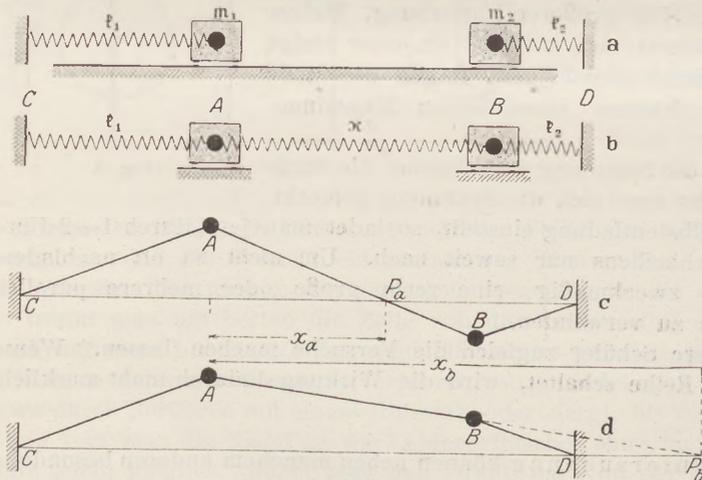


Fig. 1 (aus Beitrag 2 a. a. O. S. 178 wiederholt).

einfacher Versuchsanordnungen folgen, womit die Erscheinungen möglichst vollständig und leicht berechenbar vorgeführt werden können. Die Begründung dafür, daß hier zu den bereits bekannten <sup>3)</sup> Versuchsanordnungen noch neue hinzugefügt werden, ist in den beiden ersten Mitteilungen gegeben. Es handelt sich dabei im wesentlichen um didaktische Gründe.

Der Hauptgedanke der theoretischen Untersuchung im zweiten Bericht war der folgende: Spannt man (Fig. 1 b) eine masselos gedachte Schraubenfeder wagrecht zwischen zwei festen Punkten aus und schaltet in sie an zwei beliebigen Stellen *A* und *B* zwei auf wagrechten Schienen reibungslos laufende Wagen ein, so kann dies Schwingungsgebilde unter zwei ganz verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden. Faßt man es als einen Schwinger mit zwei Freiheitsgraden auf, so erkennt man sofort

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr. 37, 231, 1924.

<sup>2)</sup> Der erste Beitrag findet sich in diesem Bande der Zeitschrift auf Seite 113, der zweite auf Seite 173 (Heft 3 und 4, 1925).

<sup>3)</sup> Eine Zusammenstellung von Quellenangaben findet sich bei H. J. OOSTING, ds. Zeitschr. 29, S. 126, 1916.

zwei Schwingungsmöglichkeiten in der Längsrichtung der Feder, nämlich die Grundschwingung (Fig. 1d), bei der sich beide Wagen stets gleichsinnig bewegen, und die erste Oberschwingung (Fig. 1c), bei der beide Wagen stets in entgegengesetzter Richtung schwingen. Betrachtet man aber jeden Wagen mit seinem an der Wand befestigten Federstück als Einzelschwinger, so ist das Zwischenstück der Feder als Koppelungsfeder beider Schwinger aufzufassen. Die Rechnung zeigte, daß die Grund- und die Oberschwingung der ersten Auffassung dieselben Schwingungen sind, die man bei den gekoppelten Einzelschwingern als Koppelungsschwingungen bezeichnet. Dieser Zusammenhang zwischen den zwei sonst ganz getrennt behandelten Gebieten der Koppelungsschwingungen und den Oberschwingungen bewirkt auf beiden Gebieten eine wesentliche Klärung.

2. Der allgemeine Aufbau. Die wirkliche Ausführung dieses Gedankenbildes (Fig. 1) ist in Figur 2 maßstabgetreu wiedergegeben. Die beiden Schwinger  $CA$  und  $DB$  sind hier lotrecht angeordnet und über zwei feste Rollen durch eine Feder gekoppelt. Hier erscheint also der Schwinger des Bildes 1 zweimal rechtwinkelig geknickt. Bei dieser Anordnung<sup>1)</sup> haben die Rollen nicht das Gewicht der schwingenden Masse, sondern nur den schwachen Zug der Koppelungsfeder auszuhalten; ihre Reibung und damit die Schwingungsdämpfung wird also auf einen geringen Wert herabgedrückt.

Das Wesentliche der mit diesem Geräte angestellten Versuche sei kurz vorausgeschickt. Durch Verändern der Starre oder der Masse beider Schwinger kann man erreichen, daß die Schwingdauer des ersten Schwingers, bei festgehaltenem zweiten, gleich der Schwingdauer des zweiten wird, bei festgehaltenem ersten Schwinger. Setzt man nach dieser Abstimmung zuerst nur den einen Schwinger in Gang, so kommt der zweite ins Mitschwingen, und beide zeigen die bekannte Oberbeck'sche Erscheinung des abwechselnden Energieaustausches. Beim zweiten Versuch werden beide Schwinger gleichzeitig in Bewegung gesetzt, und zwar zunächst so, daß der eine aufwärts schwingt, während sich der andere abwärts bewegt; die Koppelungsfeder bewegt sich dabei als Ganzes hin und her (ihre Länge ändert sich dabei auch etwas). Man erkennt aus dem Bestehenbleiben dieses Schwingungszustandes, daß es sich um eine Eigenschwingung des ganzen Gebildes handelt. Das ist die Schwingart, die oben als Grundschwingung bezeichnet wurde. Setzt man drittens die beiden Schwinger so in Gang, daß sie gleichzeitig nach oben bzw. nach unten schwingen, so dauert auch diese Bewegungsart zwanglos fort. Es ist die erste Oberschwingung des Schwingungsgebildes. Dabei bleibt ein Punkt der Koppelungsfeder (von kleinen Durchgangsschwankungen der Feder abgesehen) fest im Raume, während beide Enden der Koppelungsfeder sich stets nach entgegengesetzter Richtung bewegen. Die Grundschwingung und die erste Oberschwingung werden nun bei messenden Versuchen als

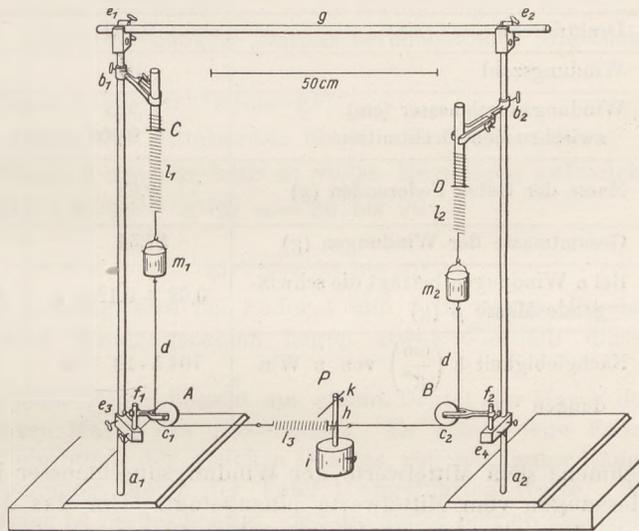


Fig. 2.

<sup>1)</sup> Man kann auch wie in Bild 5 auf Seite 118 des ersten Berichtes zwischen Feder und Wagschale ein Drahtstück einsetzen und dann von der Wagschale nach oben über die Rolle die Fadenverbindung nach der Koppelungsfeder legen.

wesensgleich erkannt mit den Schwingungen, die bei dem ersten, dem Oberbeck-  
schen Versuche infolge der einseitigen Erregung gleichzeitig auftreten und miteinander  
Schwebungen bilden.

3. Die Federn. Jeder der beiden Schwinger wird durch eine Schraubenfeder  
mit veränderlicher Starre gefedert. Die Bauart der veränderlichen Schraubenfedern  
ist im ersten Bericht (Abschnitt 9) beschrieben. Es wurden zwei nahezu gleiche Federn  
aus bestem Federstahl verwendet, deren höchste Ruhebelastung etwa 1000 g\* beträgt.  
Die Abmessungen und Eichungsergebnisse der Federn sind aus der Tafel 1 zu ent-

Tafel 1.

Feder Nr.	1	2	3
Stoff	Stahl	Stahl	Stahl
Drahtdurchmesser (cm)	0,100	0,100	0,044
Windungszahl	100	100	42,6
Windungsdurchmesser (cm) zwischen den Drahtmitten	1,925 ± 0,003	1,925 ± 0,005	1,346 ± 0,013
Masse der freien Federenden (g)	0,62	0,61	0,08 0,27
Gesamtmasse der Windungen (g)	37,54	37,49	2,15
Bei n Windungen beträgt die schwin- gende Masse $\mu$ (g)	0,62 + 0,1251 n	0,61 + 0,1250 n	0,08 + 0,0168 n 2,41 -- 0,0336 n
Nachgiebigkeit $\eta$ $\left(\frac{\text{cm}}{\text{g}^*}\right)$ von n Win- dungen	704,5 · 10 <sup>-6</sup> · n	712,4 · 10 <sup>-6</sup> · n	71,5 · 10 <sup>-4</sup> · n

nehmen; dem Mittelwerte der Windungsdurchmesser ist die mittlere Abweichung der  
Messungen vom Mittelwerte hinzugefügt. Um das Abzählen der freien Windungen  
beim Einstellen der Feder zu erleichtern, wurde jede zehnte Windung durch einen  
Strich, jede fünfte durch einen Punkt mit weißer Ölfarbe bezeichnet. Ein über das  
obere Federende gezogener und auf den vorstehenden Enden des Schleifdrahtes lose  
aufliegender Papierring gestattete durch seine Teilung in zehn gleiche Teile eine Ein-  
stellung der Feder auf etwa 0,03 Windungen genau.

Auch die Starre der Koppelungsfeder konnte verändert werden. Zu diesem  
Zweck war der auf den Windungen schleifende Querdraht in der Mitte zur Öse gebogen,  
in welche der in der Schraubenachse verlaufende Hakendraht eingriff. Dies Gelenk  
war in ein Stückchen Kork eingelassen, das durch seine Walzenform die Führung  
des Schleifdrahtes bildete.

Die Abhängigkeit der Nachgiebigkeit  $\eta = \frac{1}{f}$  jeder Feder von ihrer Windungs-  
zahl wurde statisch bestimmt. Dazu wurde die Feder an einem sehr starren Gerüst  
lotrecht aufgehängt. Als Ablesemarke diente ein mit Plastilin an das untere Feder-  
ende angeklebtes Stückchen Papier und darauf ein Kreuz aus Bleistiftstrichen. Die  
Höhenmessung erfolgte durch einen vorher geprüften Grimsehlischen Vertikalmaß-  
stab<sup>1)</sup>, d. h. einen lotrechten Holzmaßstab mit verschiebbarem Zeiger. Dieser Höhen-  
messer wurde auf dem wagrechten Tische so verschoben, daß die Zeigerspitze das  
Papier eben berührte. Dadurch beruhigt sich die Federschwingung sehr schnell, ohne  
daß die Meßgenauigkeit unter der geringen Reibung merklich leidet.

<sup>1)</sup> A. Krüß, Hamburg, Preisliste 16, Nr. 604.

Als Beispiel einer Einzelbestimmung diene die Tafel 2.

Tafel 2.

Feder Nr. 1 Windungszahl n = 60	Belastung g*	Zeigerstellung			Verlängerung für	
		abwärts cm	aufwärts cm	Mittel cm	90 g*	1 g*. h cm/g*
	200	79,63	79,62	79,625 . . .	3,815 3,785 3,805	0,04239 0,04206 0,04228
	230	78,38	78,37	78,375		
	260	77,11	77,10	77,105		
	290	75,81	75,81	75,810 . . .		
	320	74,60	74,58	74,590		
	350	73,30	73,30	73,300	Mittel = 0,04224	

So wurde für die Windungszahlen  $n = 10, 20 \dots 90$  die Nachgiebigkeit bestimmt, jede mit dem mittleren Fehler  $\pm 1,6 \cdot 10^{-4}$  cm/g\*. Daraus berechnet sich die Eichformel der Feder 1 zu:

$$h_1 = (704,5 \pm 0,8) \cdot 10^{-6} n \text{ [cm : g*]},$$

wobei der angegebene mittlere Fehler des Mittelwertes für  $n = 20$  bis  $90$  gilt.

Entsprechend wurde für Feder 2 aus nur halb so vielen Messungen gefunden:

$$h_2 = (712,4 \pm 1,2) \cdot 10^{-6} \cdot n \text{ für } n = 20 \text{ bis } 90$$

und für Feder 3:

$$h_3 = 70,6 \cdot 10^{-4} \cdot n \text{ für } n = 30 \text{ bis } 40.$$

Die Schaulinien ( $h; n$ ) der Eichung sind bei Feder 1 und 2 in weitem Bereich geradlinig. Die Werte für kleine Windungszahlen liegen etwas oberhalb dieser Geraden.

Die schwingende Masse  $\mu$  jeder Feder besteht aus einem Drittel der Masse der freien Windungen und der ganzen Masse des Hakenendes. Es wurde jede Feder gewogen und ausgemessen und ein Stück des gleichen Drahtes von bekannter Länge gewogen. Daraus ergab die Rechnung die in der Tafel 1 angeführten Werte. Bei dem Korkende der Koppelungsfeder ist berücksichtigt, daß die außer Betrieb gesetzten Windungen mit ihrer Gesamtmasse in die Rechnung eingehen.

4. Die Massen. Die zylindrischen Eimer, die an den Federn hängen, bestehen aus Weißblech und haben den Achsenquerschnitt  $4,7 \times 4,7$  cm<sup>2</sup>. Jeder Eimerhenkel aus Stahldraht hat in der Mitte eine scharfe Knickstelle. Im Eimerboden ist ein rechtwinklig gebogener Haken aus Stahldraht befestigt. Dem Eimer wird auf der Wage (1 kg bis  $\pm 0,05$  g genau) durch Einfüllen von Bleischrot die jeweilig vorgeschriebene Masse gegeben. Es empfiehlt sich, noch ein Stück Draht aus Weicheisen beim Abwägen in den Eimer zu legen, womit nachher die etwa auftretenden Querschwingungen der Feder durch Verlängerung des Abstandes zwischen Feder und Eimer aus der Resonanz herausgebracht werden können.

Jede der beiden verwendeten Rollen bestand aus einer Messingscheibe mit 5,04 cm äußerem Durchmesser und 0,34 cm Dicke. Die 0,58 cm dicke und 3,33 cm lange Achse war an den Enden zugespitzt und lief in einem kegelförmigen Schraubenslager. Die auf den Rillendurchmesser bezogene Drehmasse der Rollen wird am einfachsten im gesamten Aufbau (Fig. 2) aus Schwingungsbeobachtungen bestimmt. Als Beispiel diene Rolle Nr. 1. Der Schwinger 1 wird in Schwingung versetzt, während der Schwinger 2 bei B festgehalten wird. Die Gesamtstarre von Feder 1 und 3 war nach dem statisch aufgenommenen Schaubild zu  $25,0 \cdot 10^3$  Dyn/cm eingestellt, und Vorversuche ergaben, daß auch für Schwingversuche mit dieser Starre zu rechnen ist. Die Masse des Eimers und die schwingenden Massen der Federn waren zusammen 223,5 g. Die Schwingdauer war im Mittel 0,628 sek. Daraus berechnet sich die gesamte

schwingende Masse zu 250,0 g; also muß die Rollenmasse zu  $250,0 - 223,5 = 26,5$  g gerechnet werden.

Auch auf folgendem Wege wurde die Rollenmasse bestimmt. An die Feder 1 wurde der Eimer gehängt, daran die Feder 3, und dann diese unten festgelegt. Dies Schwingungsgebilde hatte die schwingende Masse 250 g, und die Schwingdauer ergab sich zu 0,6275 sek. Dann wurde von dem oberen Ende der Feder 3 lotrecht nach oben ein Faden über die Rolle 1 gezogen und andererseits durch ein 20-Grammstück beschwert. Diese 20 g waren dem Eimer entnommen so daß jetzt die Masse nur um die Rollenmasse vermehrt war. Die Schwingdauer dieses Schwingers betrug im Mittel 0,6595 sek. Da die Starre beider Anordnungen die gleiche war, so verhalten sich die Massen in beiden Versuchen wie die Quadrate der Schwingdauern. So ergibt sich für die Rollenmasse der Wert  $r_1 = 26,2$  g. Für die Rolle 2 wurde der Wert  $r_2 = 26,0$  g gefunden.

5. Das Gerüst wurde aus Bunsengestellen und Volkmanns Feinstellzeug zusammengestellt. Die Buchstaben in Figur 2 haben folgende Bedeutung: *a* 2 Bunsengestelle 1 m hoch, *b* 2 Bürettenklemmen, *c* 2 Rollen, *d* weißes Garn, *e* 4 Verlängerungsmuffen, *f* 2 Stäbe 5 cm, *g* Stab 1 m, *h* Klemmstab 20 cm, *i* Gewicht 5 kg, *k* Stricknadel, *l* 3 veränderliche Federn, *m* 2 Eimer. Außerdem wurden zu den Versuchen, wie schon gesagt, folgende Geräte verwendet: Wage bis 1 kg\*, Gewichtssatz bis 500 g, Bleischrot, Draht aus Weicheisen, lotrechter Maßstab, Stoppuhr.

6. Versuch. Nachdem die Festwerte der Geräte bestimmt sind, soll an einem Beispiel gezeigt werden, mit welcher Genauigkeit ein zahlenmäßig festgelegter Vorschlag durch das Gerät verwirklicht werden kann. Wir nennen wieder wie früher  $f_1$  und  $f_2$  die Starre der seitlichen Federn,  $\alpha$  die Starre der Koppelungsfeder,  $m_1$  und  $m_2$  die schwingende Masse der beiden Schwinger; dann gilt für die Häufigkeiten  $n_b$  und  $n_a$  der Grund- und der Oberschwingung (Gl. 7 des zweiten Berichtes):

$$\left. \begin{matrix} n_a^2 \\ n_b^2 \end{matrix} \right\} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{f_1 + \alpha}{m_1} + \frac{f_2 + \alpha}{m_2} \pm \sqrt{\left( \frac{f_1 + \alpha}{m_1} - \frac{f_2 + \alpha}{m_2} \right)^2 + \frac{4\alpha^2}{m_1 m_2}} \right\}.$$

Für den Fall der Abstimmung, d. h. wenn

$$\frac{f_1 + \alpha}{m_1} = \frac{f_2 + \alpha}{m_2} \text{ ist, wird:}$$

$$\left. \begin{matrix} n_a^2 \\ n_b^2 \end{matrix} \right\} = \frac{f_1 + \alpha}{m_1} \pm \alpha \sqrt{\frac{1}{m_1 m_2}}.$$

Setzt man folgende Zahlenwerte ein:

$$\begin{aligned} m_1 &= 250 \text{ g} & f_1 &= 21,46 \cdot 10^3 \frac{\text{Dyn}}{\text{cm}} \\ m_2 &= 500 \text{ g} & f_2 &= 46,46 \cdot 10^3 \frac{\text{Dyn}}{\text{cm}} \end{aligned} \quad \alpha = 3,54 \cdot 10^3 \frac{\text{Dyn}}{\text{cm}},$$

$$\text{so wird } \frac{f_1 + \alpha}{m_1} = \frac{f_2 + \alpha}{m_2} = 100 \frac{1}{\text{sek}^2}.$$

Beide Schwinger haben dann also einzeln die Schwingdauer:

$$\tau = \frac{2\pi}{n} = \frac{2\pi}{10} = 0,628 \text{ sek.}$$

Für die beiden Koppelungsschwingungen ergeben sich die Werte:

$$\begin{aligned} n_a^2 &= 110 \frac{1}{\text{sek}}, \text{ also } \tau_a = 2\pi : n_a = 0,5991 \text{ sek,} \\ n_b^2 &= 90 \frac{1}{\text{sek}}, \text{ also } \tau_b = 2\pi : n_b = 0,6623 \text{ sek,} \end{aligned}$$

und die Schwebungsdauer  $T$  ergibt sich aus:

$$T = \frac{\tau_b \cdot \tau_a}{\tau_b - \tau_a} \text{ zu } 6,28 \text{ sek.}$$

Nach Gleichung (6) des 2. Berichtes teilt der ruhende Punkt  $P_a$  (vgl. Fig. 1) die Länge  $l$  der Koppelungsfeder im Verhältnis  $x_a:l=0,586$ .

Dieses theoretische Gebilde soll nun in die Wirklichkeit umgesetzt werden.

Die Feder 1 erhält nach ihrer Eichformel  $n_1 = 64,89$  Windungen, Feder 3 erhält  $n_3 = 38,3$  Windungen; dann wird  $f_1 + \kappa = 25 \cdot 10^3$  Dyn/cm. Die schwingende Masse der Federn berechnet sich bei diesen Windungszahlen zu  $\mu_1 = 8,7$  g und  $\mu_3 = 0,7$  g. Die Rollenmasse ist  $r_1 = 26,2$  g, so daß dem Eimer die Masse  $m_1 = 214,3$  g gegeben werden muß, damit  $m_1 = m_1 + \mu_1 + \mu_3 + r_1$  gleich 250,0 g wird. Genau so wird der zweite Schwinger zusammengesetzt. Der aus der Eichformel berechnete Wert für die Windungszahl  $n_2$  mußte von 29,64 auf 29,86 erhöht werden, damit die Feder die gewünschte Starre erhielt. Die schwingende Masse  $m_2$  setzt sich aus folgenden Beträgen zusammen  $m_2 = m_2 + \mu_2 + \mu_3 + r_2 = 468,7 + 4,3 + 1,1 + 26,0 = 500,0$  g.

Nachdem so das Schwingungsgebilde fertig hergerichtet ist, wird der Schwinger 2 mit der Stricknadel festgehalten und der Schwinger 1 in Schwingung versetzt. Aus 6 Beobachtungen, bei denen 110 bis 140 Schwingungen gezählt wurden, ergab sich  $\tau_1 = 0,6278$  sek mit dem mittleren Fehler des Mittelwertes  $\pm 0,0005$  sek. Entsprechend ergab sich für den zweiten Schwinger aus 6 Messungen zu 100 bis 180 Schwingungen die Schwingdauer  $0,6278 \pm 0,0009$  sek. Beide Werte  $\tau_1$  und  $\tau_2$  stimmen mit dem Sollwert 0,628 gut überein.

Nun wird die Oberschwingung des ganzen Gebildes dadurch hergestellt, daß jede Feder mit je einer Hand nahe am oberen Festpunkte durch leises Berühren eingeschaukelt wird. Aus 4 Messungen von 120 bis 150 Schwingungen ergab sich  $\tau_b = 0,6000 \pm 0,0004$  sek gegenüber dem Sollwert 0,5991 sek.

Für die ganz entsprechend in Gang gesetzte Grundschwingung wurde aus 4 Messungen von 100 bis 120 Schwingungen der Wert  $\tau_a = 0,6635 \pm 0,0005$  sek gefunden, während der Sollwert 0,6623 sek war.

In den die Versuchsfehler etwas übersteigenden Abweichungen der gefundenen Werte  $\tau_a$  und  $\tau_b$  von den Sollwerten kommt auch mit zum Ausdruck, daß die Masse der Koppelungsfeder bei der Grund- und der Oberschwingung andere Beiträge zur schwingenden Masse liefert, als bei den Einzelschwingern.

Endlich wird der Oberbeck'sche Versuch angestellt, d. h. der zweite Schwinger wird gedehnt, während der erste völlig in Ruhe ist, und dann losgelassen. Aus Gründen der Zeitmessung empfiehlt es sich, die Stoppuhr erst nach Ablauf der ersten Schwebung in Gang zu setzen. Es wurden 4 mal 10 Schwebungen gezählt und die Schwebungsdauer zu  $T = 6,28 \pm 0,01$  sek gefunden, während der Sollwert auch 6,28 sek war. Genau dieselben Zahlen ergab der umgekehrte Versuch, bei dem der erste Schwinger erregt und die Schwebungen des zweiten Schwingers gezählt wurden.

Für die Oberschwingung war die Lage des festen Punktes  $P_a$  der Koppelungsfeder durch  $x_a:l=0,586$  berechnet. Da die Feder 38,3 Windungen hat, so muß also die  $0,586 \times 38,3 = 23$ . Windung in Ruhe bleiben. Tatsächlich konnte die Stricknadel an dieser Stelle eingeführt werden, ohne daß sie die Oberschwingung irgendwie störte.

Das ganze angeführte Zahlenbeispiel zeigt, daß man nach Bestimmung der Festwerte der Federn sich den Doppelschwinger auf (in weiten Grenzen) beliebig gewollte Abmessungen einstellen kann. Die Rollenreibung ist so gering, daß leicht 100 und mehr Schwingungen und 10 Schwebungen gezählt werden können. Durch Wiederholung der Messungen kann man den mittleren Fehler der Werte für die Schwingdauer unter  $\pm 1$  v. T. bringen, während die Schwebungsdauer den mittleren Fehler  $\pm 2$  v. T. aufweist. Die durch die Masse der Koppelungsfeder bedingten Fehler sind kleiner als 2 v. T. Somit dürfte sich das Gerät durch seine Anschaulichkeit und

durch die einfache Art, gewollte Verhältnisse herzustellen, sowie durch seine genaue Berechenbarkeit als brauchbar erwiesen haben.

7. Theorie der Massenkoppelung. Im Anschluß an die Behandlung von zwei durch eine Feder gekoppelten Schwingern sei noch zum Schluß der Fall der Massenkoppelung besprochen. An dieselben beiden Schwinger  $AC$  und  $BD$  (Fig. 3)

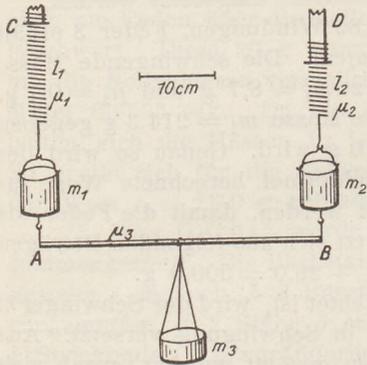


Fig. 3.

wie vorhin wird unten eine wagrechte Stange  $AB$  angehängt, die in der Mitte eine belastete Wagschale  $m_3$  trägt. Ist der Schwinger  $BAC$  auf den Schwinger  $ABD$  abgestimmt, so kann auch dieser Doppelschwinger zwei Eigenschwingungen (Koppelschwingungen) ausführen: 1. die Grundschiwingung, bei der der Stab sich als Ganzes auf und ab verschiebt, mit kleiner Drehung um einen außerhalb gelegenen Punkt  $P_b$ , und 2. die Oberschiwingung, bei der sich der Stab um einen festbleibenden Punkt  $P_a$  in der Nähe der Stabmitte dreht.

Wir nennen  $M_1 = m_1 + \mu_1$  und  $M_2 = m_2 + \mu_2$  die schwingende Masse der beiden Schwinger ohne den Verbindungsstab, und  $f_1$  und  $f_2$  ihre Starrewerte. Es sei ferner  $\mu_3$  die Stabmasse und  $m_3$  die daran

der Mitte aufgehängte Masse. Dann lauten die Differentialgleichungen für die jeweiligen Ausweichungen  $\xi$  und  $\eta$  der Massen  $m_1$  und  $m_2$  aus ihrer Ruhelage:

$$\begin{aligned} \left( M_1 + \frac{\mu_3}{3} + \frac{m_3}{4} \right) \ddot{\xi} + f_1 \xi + \left( \frac{\mu_3}{6} + \frac{m_3}{4} \right) \ddot{\eta} &= 0 \\ \left( M_2 + \frac{\mu_3}{3} + \frac{m_3}{4} \right) \ddot{\eta} + f_2 \eta + \left( \frac{\mu_3}{6} + \frac{m_3}{4} \right) \ddot{\xi} &= 0. \end{aligned}$$

Diese Gleichungen sind mit Hilfe der Lagrangeschen Bewegungsgleichungen 2. Art leicht aufzustellen, wobei die Kräfte  $f_1 \cdot \xi$  und  $f_2 \cdot \eta$  als äußere Kräfte gerechnet sind. Die Wucht des Gehänges setzt sich aus zwei Beträgen zusammen, davon der eine durch die lotrechte Verschiebung des Schwerpunktes, der andere durch die Drehung des Balkens um den Schwerpunkt bedingt ist.

In der ersten Gleichung ist der Faktor von  $\ddot{\xi}$  für die Schwingdauer des Schwingers  $BAC$  maßgebend und der Faktor von  $\ddot{\eta}$  bestimmt die Koppelung. Bei der Schwingdauer geht also die Stabmasse mit ihrem dritten Teil, bei der Koppelung mit ihrem sechsten Teil in die Rechnung ein. Damit dieser Unterschied nicht störend wirkt, muß also  $\frac{\mu_3}{6}$  klein gegen  $\frac{m_3}{4}$  gemacht werden. Denn der Gedanke der Massenkoppelung wird erst einfach, wenn man sagen kann, daß beide Schwinger einen bestimmten Teil ihrer Masse gemeinsam haben.

Die Auflösung der Gleichungen für den Fall der Abstimmung:

$$\frac{M_1 + \frac{\mu_3}{3} + \frac{m_3}{4}}{f_1} = \frac{M_2 + \frac{\mu_3}{3} + \frac{m_3}{4}}{f_2}$$

ergibt für die Werte  $\tau_a$  und  $\tau_b$  der beiden Koppelschwingungen die Gleichungen:

$$\left. \begin{aligned} \tau_a^2 \\ \tau_b^2 \end{aligned} \right\} = 4\pi^2 \left\{ \frac{M_1 + \frac{\mu_3}{3} + \frac{m_3}{4}}{f_1} - \frac{\frac{\mu_3}{6} + \frac{m_3}{4}}{\sqrt{f_1 f_2}} \right\}$$

8. Versuche zur Massenkoppelung. An die beiden Eimer der in Figur 2 gezeichneten Versuchsanordnung wurde ein 36,98 cm langes und 6,90 g schweres Aluminiumrohr von 5 mm Durchmesser und 0,5 mm Wandstärke mit einem durchgezogenen, an den Enden mit Siegelack angeklebten Faden angehängt. In der Mitte war es mit

der Feile etwas eingekerbt und die Kerbe mit kleinen Siegelackwülsten versehen, so daß die in der Mitte angehängte Wagschale sich nicht verschieben konnte. Der Balken konnte mit etwa 140 g belastet werden, ohne daß seine Durchbiegung oder Eigenschwingung störend bemerkt wurde.

Mit diesem Geräteaufbau soll ein dem früher behandelten ähnlicher Fall in die Wirklichkeit umgesetzt werden: Die zwei auf  $\tau = 0,628$  sek abgestimmten Schwinger sollen eine 10-prozentige Koppelung erhalten, also auf etwa 10 Schwingungen soll je eine Schwebung kommen.

Die Federn 1 und 2 werden auf 55,80 und 28,13 Windungen eingestellt. Ihre Starre ist dann (vgl. Tafel 1)  $25,0 \cdot 10^3$  und  $50,0 \cdot 10^3 \frac{\text{Dyn}}{\text{cm}}$ . Für die Massen der beiden Schwinger wird dann folgende Bilanz aufgestellt:

Schwinger:	BAC	ABD
Federmasse . . . . .	$\mu_1 = 7,60$ g	$\mu_2 = 4,05$ g
Eimer . . . . .	$m_1 = 205,85$ g	$m_2 = 459,40$ g
Stabmasse . . . . .	$\frac{\mu_3}{3} = 2,30$ g	$\frac{\mu_3}{3} = 2,30$ g
Mittengewicht . . . . .	$\frac{m_3}{4} = 34,25$ g	$\frac{m_3}{4} = 34,25$ g
Gesamte schwingende Masse	250,00 g	500,00 g

und danach die Eimermassen auf der Wage abgeglichen. Tatsächlich ergab nun das auf diese Weise eingestellte Gerät für die Schwingdauer der Einzelschwinger die Werte  $\tau_1 = 0,6278 \pm 0,0003$  sek und  $\tau_2 = 0,6280 \pm 0,0006$  sek.

Bei der Auf- und Abbewegung des ganzen Systems, d. h. bei seiner Grundschwingung, wurde die Schwingdauer aus 5 Messungen zu 200 bis 400 Schwingungen bestimmt zu  $\tau_b = 0,6589 \pm 0,0008$  sek. Bei der ersten Oberschwingung des Systems blieb der Punkt  $P_a$ , der durch  $x_a : l = 0,586$  gekennzeichnet ist, sehr schön in Ruhe. Für die Schwingdauer ergab sich aus 4 Messungen zu 200 bis 400 Schwingungen der Wert  $\tau_a = 0,5960 \pm 0,0005 \cdot 10^{-4}$  sek. Die vorberechneten Werte  $\tau_b = 0,6590$  und  $\tau_a = 0,5961$  sek stimmen mit den gemessenen sehr gut überein.

Die Koppelungsschwebungen sollen die Dauer  $T = \frac{\tau_a \cdot \tau_b}{\tau_b - \tau_a} = 6,245$  sek haben, während aus 7 Messungen zu 8 bis 14 Schwebungen sich der Wert  $6,249 \pm 0,010$  sek ergab. Also auch hier stimmt die Messung mit der Vorberechnung gut überein.

9. Zusammenfassung. Der Begriff der reinen Massenkoppelung ist nicht einfach. Außer dem eben beschriebenen Gerät zum Messen der Koppelung durch Masse ist mir kein anderes aus der Literatur bekannt. Ohne eine zwischen beide Schwinger eingeschaltete Drehbewegung erscheint mir eine reine Massenkoppelung zweier Längsschwinger nicht denkbar. Dieses Gerät dürfte wegen seiner einfachen Berechenbarkeit als brauchbar erscheinen.

Wesentlich leichter ist die Koppelung durch eine Feder zu verstehen. Im zweiten Bericht war der Beweis erbracht, daß die Koppelungsschwingungen einer doppelt belasteten, längsschwingenden Saite als deren Grund- und Oberschwingung aufgefaßt und als solche einfach berechnet werden können. Der vorliegende Bericht zeigte eine vom Gedankenbilde nur unbedeutend abweichende Geräteanordnung, mit der die Koppelungserscheinungen mit großer Genauigkeit verfolgt werden können. Für das beschriebene Gerät und seine Erklärungsart ist es wesentlich, daß zur Federung Schraubenfedern verwendet werden. Dadurch ist also zugleich bewiesen, daß die Annahme der belasteten Schraubenfeder als Urbild eines Schwingers die Möglichkeit

bietet, über die einfache Formel für die Schwingdauer hinauszukommen und tiefer in die Schwingungslehre einzudringen. Wenn auch die eine oder die andere Versuchsanordnung, die in diesen drei Berichten beschrieben wurde, noch verbesserungsfähig sein mag, so bleibt doch der Grundgedanke bestehen, daß die Schraubenfeder als Konstruktionsteil für wirkliche und für Gedankenversuche in der Schwingungslehre allen andern Federungen überlegen ist.

## Aerodynamische Versuche.

Von Dr. Hermann Knoll, Professor am Realgymnasium in Graz.

Den Grundstock der für die Versuche erforderlichen Geräte bildet das Gebläse zur Erzeugung eines kontinuierlichen Luftstromes. Es ist nach Figur 1 anzufertigen und hat bloß das Vorhandensein eines Motors für etwa  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{4}$  PS zur Voraussetzung. An die Achse setzt man einen aus 1 mm Messingblech gebogenen Propeller an und baut sich nun einen Luftstromgleichrichter aus Pappe. Man beginnt mit der Anfertigung der Kanäle nach Figur 2, indem man sich zuerst auf Papier einen — je nach Wunsch — etwa 36—50 cm im Durchmesser großen Kreis und in diesen 10—12 äquidistante, parallele Sehnen zeichnet. Dann schneidet man sich aus 1 mm starkem Pappendeckel etwa 15 cm breite Streifen, deren Längen man der Reihe nach den Sehnen des gezeichneten Kreises gleich macht, dann<sup>1)</sup> ebenso breite, aber doppelt so lange Streifen, die man nach Ritzen mit dem Messer, abwechselnd auf der Vorder- und Rückseite, im Zick-Zack zusammenfaltet, wobei man den Abstand

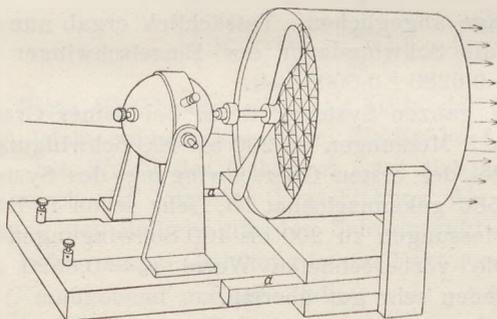


Fig. 1.

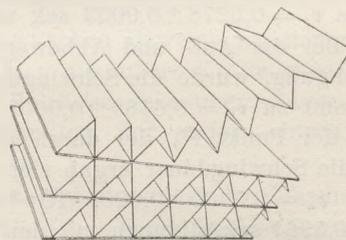


Fig. 2.

zweier geritzter Linien so breit nimmt, daß dieser Abstand die Seite eines gleichseitigen Dreiecks wird, dessen Höhe die Entfernung zweier Sehnen des gezeichneten Kreises ist.

Nun bestreicht man die Kanten des gefalteten Pappenstreifens mit heißem, ziemlich dickem Leim und setzt sie nach Fig. 2 auf die vorbereiteten Streifen auf. Ist der Leim nicht zu dünn, so haften sie sofort, und der Aufbau, von den größten Sehnen aus nach auf- und abwärts fortgesetzt, schreitet rasch vorwärts. Nach dem Eintrocknen des Leimes, am besten am nächsten Tage erst, fügt man nun den Zylindermantel aus gleichstarkem Pappendeckel darum. Die Höhe des Zylindermantels möge etwa 30—60 cm betragen, das Holzgestell zur Aufnahme des soeben angefertigten Luftkanales wird nach Fig. 1 gemacht und bedarf weiter keiner Erklärung. Seine Dimensionen richten sich nach der Größe des Grundbrettes des Motors, nach der Zylinderhöhe und dem Durchmesser des Zylinders. Wichtig aber sind die vorstehenden Führungsleisten a des Holzgestelles, damit die Luftschraube stets zentral im Zylinder steht und bei der energischen Rotation nie an die Zylinderwand anstoßen kann. Die

<sup>1)</sup> Nach einem mir von Prof. Dr. Benndorf gegebenen Winke.

Länge der Propellerflügel wird auch demgemäß, im übrigen aber möglichst groß gewählt werden.

*Versuch 1.* An den Schlauch der Gasleitung wird der Bunsenbrenner, besser aber noch ein breites Glasrohr angesetzt, aus dem das Leuchtgas in breitem Strome herauskommt. Hält man die Gasflamme nun in den Luftstrom und sucht man mit ihr das Strömungsfeld ab, so wird man überrascht sein, wie scharf abgegrenzt der Luftstrom noch 1 m nach Verlassen des Luftkanales ist. Der Luftstrom behält den Querschnitt, den er beim Verlassen des Kanales hatte, bis über 1 m weit bei.

*Versuch 2.* Man stellt nach Fig. 3 eine längliche, rechteckige, 2 mm dicke Pappdeckelplatte her, die sich um eine vertikale (Stricknadel-)Achse drehen kann. Die seitlich von der Platte aufgestellte Gasflamme zeigt die Richtung des Luftstromes, die hinter die Platte gestellte Flamme flackert und neigt sich der Platte zu, zeigt also — für die meisten Beschauer zur Überraschung — die Luftwirbel hinter der Platte an. Auf die Schultafel wird dazu die Figur 4 gezeichnet. Die stark gezeichneten Pfeile dieser Figur geben die Richtung der Luftströmung, also die Neigung der Gasflamme an. (Siehe GRIMSEHL, 6. Aufl., 1923, S. 341, Fig. 414.)

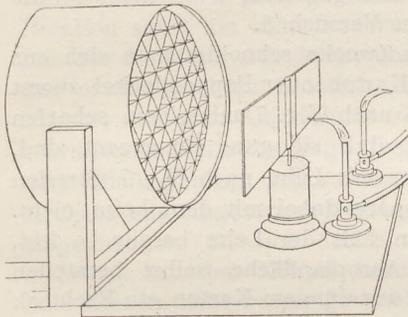


Fig. 3.

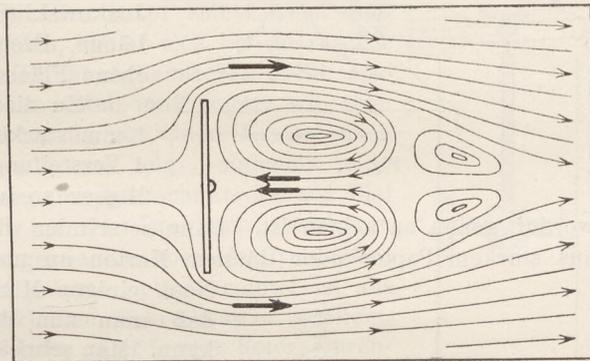


Fig. 4.

*Versuch 3.* Eine gleichgroße Pappdeckelplatte wie in Fig. 3 wird wieder um eine senkrechte Achse drehbar gemacht, nur daß die Achse diesmal etwas seitlich verschoben ist, also das Rechteck nicht in zwei gleiche, sondern in einen größeren und einen kleineren Teil durch sie geteilt wird. Stellt man diese Platte in den Luftstrom, so stellt sie sich nicht quer zu ihm, sondern schief. Sehr deutlich lassen sich, wenn die Achse nicht dem Rande zu nahe ist, die beiden stabilen Gleichgewichtstellungen der Platte zeigen, die symmetrisch sind bezüglich der Richtung des ungehinderten Luftstromes hindurchgelegten Vertikalebene. Dieser Versuch macht den Begriff des Druckmittelpunktes sehr deutlich. (Siehe GRIMSEHL, a. a. O. S. 342, Fig. 415.)

*Versuch 4.* Stellt man die Platte in Fig. 3 seitlich auf, so gerät die Platte in rasche Rotation um die vertikale Achse.

*Versuch 5.* Dazu benötigt man ein größeres Rahmengestell, wie es in der physikalischen Lehrmittelsammlung wohl für Versuche zum Kräfteparallelogramm vorhanden sein dürfte (Fig. 5). Nun stellt man sich aus 1 mm starkem Pappdeckel zwei Flugflächen her; zuerst eine ebene nach Fig. 6, 30 cm lang, 8–10 cm breit, klebt zwischen je zwei kleine Kartenstücke zwei geglähte, 1 mm starke Kupferdrähte und setzt dann diese Aufhängevorrichtung in der in Fig. 6 gezeichneten Weise wieder mit dickflüssigem heißen Leim an die Pappdeckelfläche. Von der oberen Querleiste des Rahmengestelles, Fig. 5, hängen 2 Spiralfedern herab, deren Windungsdurch-

messer und Länge man so groß nimmt, daß die vorher angefertigte ebene Flugfläche etwas tiefer hängt als es der Mitte des Luftstromes entsprechen würde. Läßt man

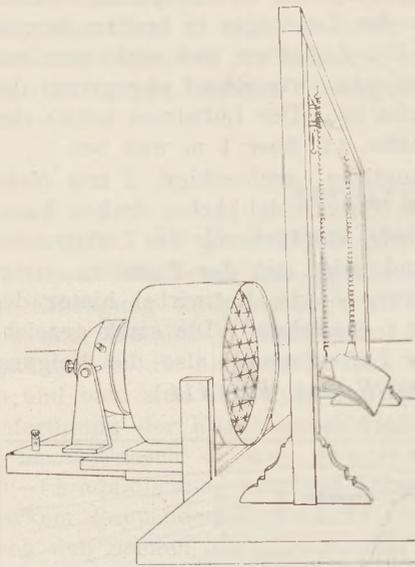


Fig. 5.

nun den Motor unter Vorschaltung eines Lampenwiderstandes laufen, so hebt sich die Platte deutlich und zwar um so höher, je mehr Lampenparallel geschaltet werden, je rascher der Motor also läuft. Bei meinen Versuchen war die Platte 70 g schwer und hob sich um 15 cm, wobei der Motor noch lange nicht mit voller Tourenzahl lief<sup>1)</sup>. Dabei ist aber zu beachten, daß man durch Verbiegen der Kupferdrähte, also durch Verstellen der Neigung der Platte gegen den Luftstrom sehr wohl diesen Auftrieb verändern, einen Höchstwert, sogar einen Abtrieb erzeugen kann. Gleichzeitig entsteht stets ein nicht unbedeutlicher Rücktrieb.

*Versuch 6.* Man baut sich nun eine Joukowski-(Stromlinienform-)Fläche von gleicher Länge, Breite und gleichem Gewichte wie die ebene Fläche zu Versuch 5.

Zu diesem Zwecke schneidet man sich aus 1 mm starkem Karton oder Pappendeckel zuerst 4 Versteifungen nach Fig. 7 mit einem scharfen Messer so aus, daß sie ganz kongruent sind,

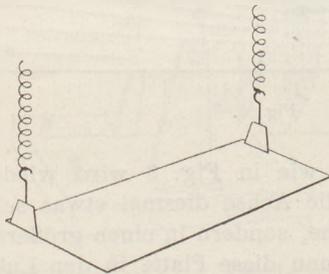


Fig. 6.

worauf genau zu achten ist. Dann setzt man wieder mit Leim nach Fig. 7 Streifen aus starkem Papier oder dünnem Karton an und spare dabei mit dem Leim nicht. Nach einigen Minuten hält der Leim bereits so fest, daß man nun die Aeroplanfläche selbst herstellen kann. Man schneidet aus dünnem Karton ein Rechteck aus, das 30 cm lang und so breit ist wie der Umfang einer der eben fertig gewordenen Versteifungen, gibt diesem Rechteck durch Rollen über dünne und dickere Glasröhren bereits die notwendigen Rundungen, bestreicht die auf die vorigen 4 Versteifungen aufgesetzten Papierränder von außen mit nun etwas dünnerem Leim und setzt die Aeroplanfläche zusammen, legt sie sofort nach dem Zusammenkleben auf den Tisch, damit sie sich nicht „wirft“.

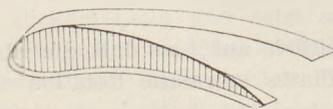


Fig. 7.

Wieder kann man durch richtiges Vor- oder Rückwärtsbiegen der Kupferdrahtaufhänger den Anstellwinkel der Fläche gegen den Luftstrom so regeln, daß der stärkste Auftrieb erzielt wird. Wie bei der ebenen Fläche bemerkt man, wie sich auch diese Stromlinienfläche bei jeder neu zugeschalteten Lampe des Vorschaltwiderstandes ruckweise stärker hebt.

Stimmen die Gewichte der Flächen von Versuch 5 und 6 nicht überein, so vermehrt man durch Aufkleben von Pappendeckel auf die ebene Fläche deren Gewicht so lange, bis sie gleich schwer ist mit der gekrümmten Aeroplanfläche (70 g). Dann erst sind ja beide vergleichsfähig. Merkt man sich den bei der ebenen Fläche

<sup>1)</sup> Was auch wegen zu starker Erwärmung der Ankerwicklung nicht ratsam ist.

erzielten Auf- und Rücktrieb (Versuch 5), so wird man — wie ich glaube — sehr erstaunt sein, bei der Stromlinienfläche nicht sehr abweichende Werte zu finden. Das eine höchstens ist auffällig, daß sie im Luftstrom stabiler „steht“, nicht so leicht ins Schaukeln gerät wie die ebene Fläche. Läßt man sie mit der aus dem Glasrohr ausströmenden Leuchtgasflamme umspülen, so kann man die Stromlinienformen feststellen. Es kann dies gefahrlos ganz knapp bei der Fläche geschehen, da der Luftstrom für ausreichende Kühlung sorgt, und daher die Aeroplanfläche nicht einmal leicht versengt wird.

Das geschilderte kräftige Emporheben der Flächen des Versuches 5 und 6 im horizontalen Luftstrom erregt bei den Zuschauern das lebhafteste Interesse und lohnt die Mühe der vielen Klebarbeit.

*Versuch 7. Der Flettner-Rotor.* Für ihn braucht man nun einen zweiten, kleinen Motor, wie man ihn in Spielzeughandlungen bekommt. Er wird mit ein oder zwei hintereinander geschalteten Radioakkumulatoren unter Vorschaltung eines regulierbaren kleinen Widerstandes betrieben und, wie aus Fig. 5 ersichtlich sein dürfte, mit vertikal gerichteter Achse an die Mitte der oberen Querstange des großen Rahmengestelles angeschraubt. Zuvor hat man an das hervorstehende Ende der Achse einen Haken aus  $1\frac{1}{2}$  mm Kupferdraht angelötet. Der Rotor selbst kann nun leider nicht allzu hoch gemacht werden, da er sich bei zu rascher Rotation sonst um seine bevorzugte Hauptträgheitsachse dreht, also bei der Rotation sich leicht quer legt. Man muß sogar, will man nur etwas raschere Rotation erzielen, in ihn einen Kreisel nach Fig. 8, die den Querschnitt dieses Rotors zeigt, einbauen. Die schraffierten Teile der Figur bedeuten den Querschnitt des aus Blei oder Bleilegierung gegossenen und auf der Drehbank zentrierten Kreisels mit eingesetzter Messingstange, in die oben ein Drahhaken eingelötet ist. Der um den Kreisel gelegte Zylindermantel ist aus mehrfach um den Kreisel herumgeklebtem Schreibpapier gebildet. Zum Kleben dient wässriger, heißer Leim. Der fertige Rotor, Durchmesser des Kreisels etwa 6–7 cm, Höhe des Rotors 8–10 cm, wird an eine dicke Spagatschnur, dünnen Strick oder Rebschnur angehängt. Dünnere Spagat, Kautschukschnur bewährt sich nicht, rollt sich bei der Rotation ganz ein, so daß der mittelst einer solchen Schnur an den Haken der Achse des oberen Motors angehängte Rotor sehr bald durch die zu starke Verdrillung zum Motor hinaufsteigt und so aus dem Bereiche des Luftstromes kommt. Selbst ein dünner Strick nimmt bei rascher Drehung des Rotors die Gestalt eines langgestreckten *S* (Integralzeichenform) an, ist also so lang zu machen, daß der Rotor im Ruhezustande in der unteren Hälfte des Luftstromes hängt. In Rotation gesetzt, hebt er sich dann durch die Verbiegung der Aufhängeschnur gerade in die Mitte des Luftstromes. In diesem Luftstrom wird nun der rotierende Rotor deutlich, von allen Plätzen des Zuschauerraumes gut ersichtlicher Weise zur Seite gedrängt, trotz seines im Vergleich zu den Platten der Versuche 5 und 6 ganz erheblichen Gewichtes (270 g).

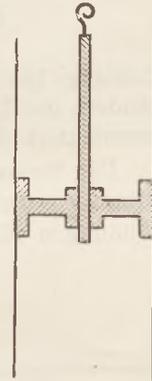


Fig. 8.

Allerdings bemerkten der Experimentierende und die in den ersten Bänken des Lehrzimmers Sitzenden, daß der Rotor auch einen Vorwärtstrieb in der Richtung des Luftstromes erhält, daß also — und dies kann für die weitere Ausgestaltung des Flettner-Rotorschiffes vielleicht einmal wichtig werden — auch Wirbelbildungen im Spiele sind. Das Absuchen des im Betriebe befindlichen Rotors mit der Gasflamme bestätigt diese Ansicht. Während die zwischen Rotor und dem Gebläsekanal nahe am Rotor gehaltene Flamme sich auf der einen Seite des Rotors um den halben Rotor herumschlingt, wobei man wieder nicht ängstlich zu sein braucht, er könnte zu brennen beginnen, flackert sie unruhig an der anderen Seite; ja man kann, führt man die Flamme mit vertikal gehaltenem Glasrohr nahe am Zylindermantel herum,

die Stelle auffinden, an der die Flamme zum mindesten lotrecht nach aufwärts brennt oder sogar, wenn der Luftstrom nicht zu stark und die Drehgeschwindigkeit des Rotors nicht zu groß ist, sich gegen den Mantel des Rotors neigt.

Läßt man den Rotor mit konstanter Tourenzahl sich drehen, ändert man aber die Tourenzahl des die Luftschraube treibenden Motors, so kann man erkennen, daß bei einem bestimmten Verhältnis der Umdrehungszahl des Rotors zur Geschwindigkeit des Luftstromes der Magnus-Effekt seinen größten Wert hat und von da aus, bei Vergrößerung und bei Verkleinerung dieses Verhältnisses wieder abnimmt. Dieselbe

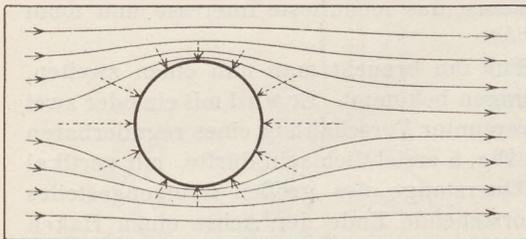


Fig. 9a.

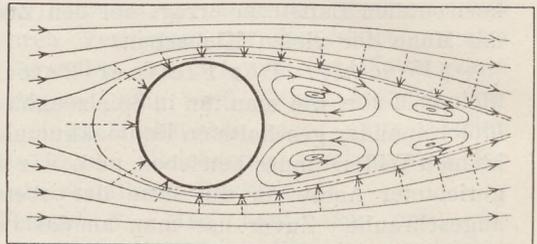


Fig. 9b.

Erfahrung bekommt man natürlich auch beim Konstanthalten des Luftstromes und Abändern der Drehzahl des Rotors, wozu der kleine Vorschaltwiderstand der Akkumulatorenbatterie dient.

Die Beobachtung, daß der Rotor auch einen Vorwärtstrieb erfährt, der Magnus-Effekt also nicht rein zur Geltung kommt, führt nun dazu, zu erkennen, daß die Abbildungen des Strömungsfeldes des Flettner-Rotors, die man allenthalben in

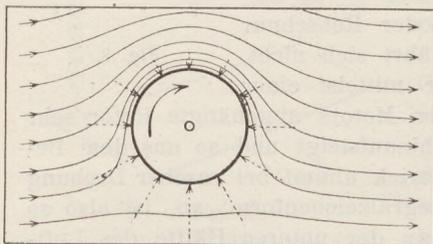


Fig. 9c.

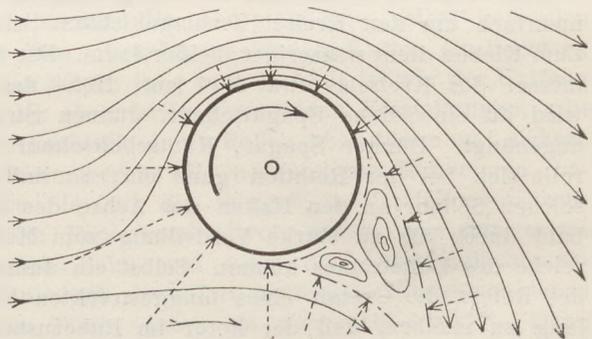


Fig. 9d.

illustrierten Zeitschriften, etwa wie in Fig. 9c, sieht, allzu schematisch sind, so sind, wie sie in einer „idealen“ Flüssigkeit wären. In Wirklichkeit wird die Figur nach 9d zu zeichnen sein, es bilden sich eben an der Windschattenseite ebenfalls Wirbel aus, und es bieten sich also die analogen Verhältnisse dar, wie bei einem nicht-rotierenden Zylinder, der in einen Luftstrom gesetzt ist. In der idealen Flüssigkeit (Luft ohne Reibung und Wirbelbildung) ergäbe sich das Strömungsbild der Fig. 9a, das dann in der Wirklichkeit in das Strömungsbild 9b umgeändert werden muß.

Und so wie dann das Strömungsbild 9b Veranlassung gibt zur Konstruktion des torpedoförmigen Körpers, dessen Umriss strich-punktiert gezeichnet ist, bei dem die Wirbelbildung unmöglich gemacht, oder besser gesagt, wesentlich herabgesetzt ist, so gibt nun Fig. 9d Veranlassung zur Konstruktion eines „Beruhigungskörpers“, der an den Flettner-Rotor angesetzt wird und denselben Erfolg hervorbringt.

Fig. 10 zeigt diesen Beruhigungskörper, den man sich auf die gleiche Art wie die Aeroplanfläche des Versuches 6 anfertigt und an den rotierenden Zylinder, während er vom Luftstrom getroffen, zur Seite und vorwärts getrieben wird, so anhält, daß er dem Zylinder möglichst nahe ist, ohne ihn zu berühren; es wird dies erst nach einiger Übung gelingen, da der Rotor, an dem Stricke aufgehängt, immerhin im Luftstrom hin- und herschwankt.

Recht deutlich aber kann man die Wirkung dieses Beruhigungskörpers machen, wenn man ihn dem Rotor nähert, ihn gleich darauf entfernt und dann in dem Rhythmus, in dem der Rotor selbst hin- und herschwankt, wiederum mit dem Beruhigungskörper abwechselnd in die Nähe kommt und wieder damit fortgeht. Man kann auf diese Weise die Wirkung, ohne den Rotor je zu berühren, durch „Aufschaukeln“ so kräftig machen, daß alle Zusehenden, auch die in den letzten Bänken, deutlich die Vermehrung des Querdruckes und die Verminderung des Rücktriebes beobachten können.

Ich hoffe in einiger Zeit über weitere Versuche aus diesem Gebiete berichten zu können.

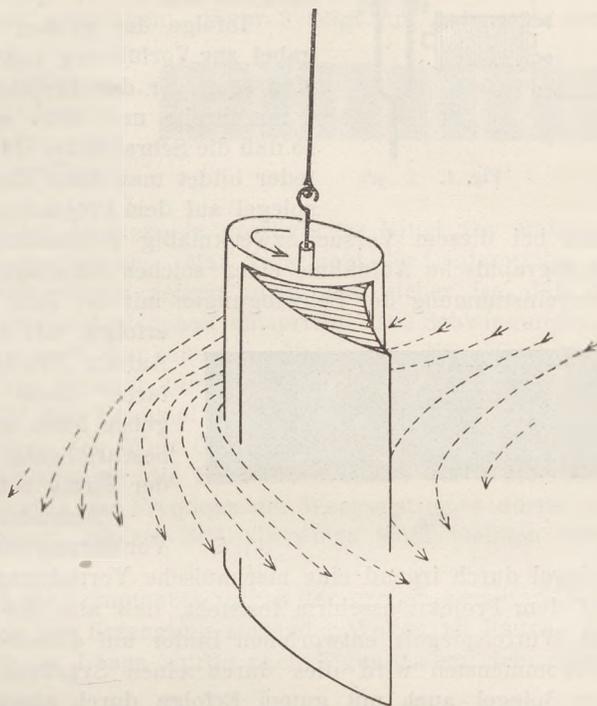


Fig. 10.

## Über die Verwendung von Wechselstrom zur Erzeugung elastischer Schwingungen.

Von P. Hanck in Pasewalk.

Für manche Versuche ist es notwendig oder erwünscht, die Schwingungen einer Stimmgabel längere Zeit kräftig unterhalten zu können. Man versieht die Gabel deshalb nach HELMHOLTZ mit einem elektromagnetischen Antrieb und erzielt so ein störungsfreies Arbeiten. Im physikalischen Unterricht haben diese Gabeln keine allgemeine Verbreitung gefunden, weil ihr Anwendungsgebiet beschränkt ist, und die zur Verfügung stehenden Mittel anderweitig verwandt werden müssen. Man kann sich hier aber leicht helfen, wenn Wechselstrom vorhanden ist. Benötigt werden ein kleiner Elektromagnet, eine Stimmgabel von etwa 128 Schwingungen, die als Schreibstimmgabel meistens vorhanden sein wird, und zwei Laufgewichte, wie sie für Schwebungsversuche zur Veränderung der Schwingungszahl einer Stimmgabel benutzt werden.

Man beschwert die Stimmgabel durch die Laufgewichte und stellt sie dem durch Wechselstrom erregten Magneten gegenüber, so daß eine Schenkelmittle etwa 5 mm vom Elektromagneten entfernt ist. Durch Verschieben der Laufgewichte findet man bald eine Stellung, bei der ihre Schwingungszahl mit der Zahl der Stromwechsel übereinstimmt und sie kräftig mitschwingt. Ich benutzte zu diesem Versuche eine Gabel von 120 Schwingungen, die durch Gewichte von 10 g in einer Entfernung von 3,2 cm von den Schenkelen belastet wurde (Fig. 1). Die Schwingungsweite dieser

Resonanzstimmgabel ist außerordentlich groß, sie betrug bei meinen Versuchen etwa 14 mm. Die Schwingungen können von weitem leicht beobachtet werden und sind auch durch den starken Ton, den sie hervorrufen, ohne weiteres wahrnehmbar; verschiebt man die Gewichte um wenige Millimeter, so bleiben sie ganz aus.

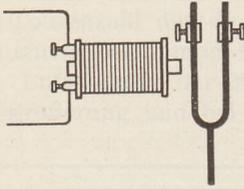


Fig. 1.

Infolge der großen Schwingungsweite ist die Stimmgabel zur Vorführung von Sinusschwingungen sehr geeignet. Man setzt vor den Projektionsapparat einen Spalt von etwa 1 mm Breite und stellt unmittelbar davor die Stimmgabel, so daß die Schreibfeder den Spalt kreuzt. Spalt und Schreibfeder bildet man dann durch das Objektiv über einen Drehspeigel auf dem Projektionsschirm ab.

Als Lichtquelle wählt man bei diesem Versuch zweckmäßig Wechselstrom-Bogenlicht. Figur 2 gibt die photographische Aufnahme einer solchen Schwingung wieder; sie zeigt die scharfe Übereinstimmung der Schwingungen mit der Zahl der Stromwechsel.

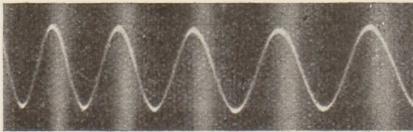


Fig. 2.

Die Aufnahme erfolgte mit der Apparatur, die ich in meinem Aufsatz „Ein Apparat zur Untersuchung der Klangfarbe“ (*diese Zeitschrift 36; 16*) hierfür angegeben habe, unter Benutzung des ebenfalls dort beschriebenen photographischen Registrierpapiers der Firma Schöffelen, Heilbronn.

Besonders schön gestaltet sich die objektive Vorführung der Sinusschwingungen, wenn der Spiegel durch irgend eine mechanische Vorrichtung so gedreht wird, daß die Kurve auf dem Projektionsschirm feststeht, daß also die durch die einzelnen Seitenflächen des Würfelspiegels entworfenen Bilder auf dieselbe Stelle des Schirmes fallen. Am vollkommensten wird dies durch einen Synchronmotor erreicht. Man kann aber den Spiegel auch mit gutem Erfolge durch einen gewöhnlichen Motor oder durch ein regulierbares Uhrwerk in Drehung versetzen. Ein langsames Wandern der Kurven wird ohnehin nicht störend empfunden. Nach Einstellung des Spiegels schalte man den Strom, der zum Stimmgabel-Elektromagneten geführt wird, noch einmal aus, lasse die Gabel zur Ruhe kommen, so daß auf dem Schirm nur eine gerade Linie erscheint, und schalte darauf den Strom wieder ein. Die durch den Spiegel entworfenene Kurve scheint sich dann zwischen den durch die dunklen Felder angegebenen Stromwechseln nach oben und unten entsprechend den Wellenbergen und Wellentälern umzubiegen, bei genügender Stromstärke ein fesselndes Bild.

Falls die Schwingungszahl der Stimmgabel nicht genau mit der Zahl der Wechsel übereinstimmt, entstehen Schwebungen, die man am besten durch Projektion der ganzen Stimmgabel sichtbar macht; auf dem Projektionsschirm läßt sich dann das starke An- und Abschwellen der Schwingungen sehr deutlich verfolgen. Man wird allerdings die Beobachtung machen, daß die Schwebungen nur im Anfang entstehen, daß sie bald schwächer werden und schließlich ganz aufhören. Die Stimmgabel schwingt dann zwar weiter, jedoch mit kleiner Amplitude.

Das Ausbleiben der Schwebungen nach kurzer Schwingungszeit erscheint hier auffällig, ist aber leicht zu erklären. Unter der Annahme, daß die Schwingungszahl der Stimmgabel größer ist als die Zahl der Stromwechsel, würden nämlich die Nullstellen der Schwingungskurve allmählich weiter wandern, der den Elektromagneten durchfließende Wechselstrom würde also bei der Null-Lage der Stimmgabel nicht dieselbe Phase haben wie im Anfang, der Phasenunterschied würde immermehr zunehmen. Nun ist die Wirkung des Elektromagneten auf die Stimmgabel naturgemäß von ihrem Schwingungszustand abhängig, sie wird bei größerer Entfernung der Stimmgabel immer geringer werden, es handelt sich also nicht um die Zusammensetzung zweier voneinander unabhängiger Schwingungen zu einer Resultierenden,

der Schwebungskurve. Die Schwingungen der Stimmgabel werden durch den Elektromagneten unterhalten und die Gabel stellt sich eben so ein, daß ihre Lage zum Elektromagneten im Maximum seiner Erregung eine günstige ist. Da aber in dieser Stellung die elastischen Kräfte der Stimmgabel infolge der gestörten Resonanz der Anziehungskraft des Magneten entgegenwirken, wird die Stimmgabel, wie der Versuch zeigt, mit kleinerer Amplitude schwingen. Figur 3 zeigt die Aufnahme einer solchen Kurve. Durch Vergleich mit Figur 2 kann man sich von der Phasenverschiebung der Stimmgabelschwingungen überzeugen. Bei weiterer Verschiebung der Laufgewichte würde dieser Unterschied noch deutlicher hervortreten.



Fig. 3.

Eine solche Resonanzstimmgabel ist nun ein vorzügliches Mittel zur einfachen Bestimmung der Frequenz des Wechselstromes. Man verschiebt die Laufgewichte so, daß sich auch anfangs keine Schwebungen zeigen, man also sicher ist, daß die Schwingungszahl der Zahl der Stromwechsel genau entspricht. Die Schwingungszahl der Stimmgabel ermittelt man dann nach den bekannten Methoden. Für Schulzwecke ist hierzu vielleicht der Apparat von SCHÜRTE (*diese Zeitschrift 25; 358*) am besten geeignet. Für die Umdrehungszahl der Trommel erhielt ich hiermit im Mittel von 10 Beobachtungen mit je 100 Touren den Wert 0,3973 Sekunden, auf einen Umlauf kamen 39,8 Schwingungen, woraus sich für die Zahl der Wechsel der Wert 100,18 ergibt. Diese Methode zur Bestimmung der Frequenz des Wechselstromes dürfte sich insbesondere auch für Schülerübungen, die zur Zeit allerdings wohl vielfach ruhen werden, eignen.

Recht brauchbar erweist sich die Stimmgabel wegen der großen Amplitude ihrer Schwingungen unter anderem auch zur Erzeugung stehender Wellen an Fäden. Ein dünner weißer Wollfaden von 180 cm Länge wurde nach Figur 4a an dem oberen

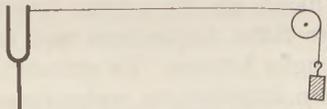


Fig. 4a.

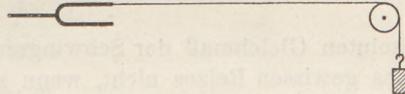


Fig. 4b.

Ende einer Stimmgabelzinke befestigt und der Reihe nach mit 200, 90, 50 und 35 g belastet. Es bildeten sich, entsprechend der Formel  $c = \sqrt{\frac{\text{Spannung}}{\text{Dichte}}}$ , 2, 3, 4 und 5 stehende Wellen. Bei diesen Versuchen zeigt sich eine doppelte Resonanz insofern, als die abgestimmte Gabel nur dann kräftig durch den Wechselstrom erregt wird, wenn die Fadenspannung der Fadenlänge entspricht, wenn sich also eine ganze Zahl stehender Wellen bilden kann. Die Resonanz ist recht scharf, so daß schon bei einer geringen Veränderung der Fadenspannung die stehenden Wellen ausbleiben.

Befestigt man den Faden nach Figur 4b, so ist die Zahl der stehenden Wellen bei kleinerer Amplitude doppelt so groß, die Resonanz ist nicht so scharf und die Wellen entstehen viel leichter. Außerdem kann man für eine bestimmte Fadenlänge auch leichter eine größere Anzahl von stehenden Wellen erhalten. Für bloße Demonstrationsversuche dürfte sich diese Anordnung vielleicht mehr eignen, während für messende Versuche die erste unbedingt vorzuziehen ist.

Ebenso kann man mit Hilfe der Stimmgabel stehende Longitudinalschwingungen an Spiralen erzeugen. Ich benutzte dazu eine mir zufällig zur Verfügung stehende Spirale aus Stahldraht von 0,6 mm Stärke, die bei 2 cm Windungsdurchmesser 82 eng aneinander liegende Windungen hatte und sonst an Stelle der hydrostatischen Wage zum Nachweis des Archimedischen Prinzips diente. Das eine Ende einer solchen

Spirale wird an der vertikal stehenden Stimmgabel befestigt, während man das andere Ende so in ein Stativ einklemmt, daß sie horizontale Lage hat und die Windungen einen Abstand von 6—8 mm haben. Erregt man dann die Stimmgabel, so werden ihre Schwingungen auf die Spirale übertragen und man beobachtet sehr schön die erzeugten stehenden Wellen. Bei der von mir gewählten Spirale bildeten sich 16 Wellen mit je 4 Spiralwindungen zwischen zwei Knotenpunkten. Wenn man recht große Amplituden erhalten will, muß die Zahl der Windungen so bemessen sein, daß sich eine ganze Zahl von stehenden Wellen auf der Spirale bilden kann. Am einfachsten erreicht man dies dadurch, daß man, von dem an dem Stativ befestigten Ende der Spirale ausgehend, die einzelnen Windungen der Reihe nach mit einer photographischen Kopierklammer festhält, bis kräftige Resonanz auftritt, und die betreffende Windung dann in das Stativ klemmt. Bei leichteren Spiralen wird es übrigens meist genügen, an einer Knotenstelle die Kopierklammer frei nach unten hängen zu lassen. So kann man leicht erreichen, daß die in den Wellenbäuchen liegenden Windungen mit einer Amplitude schwingen, die sie fast zur scheinbaren gegenseitigen Berührung bringt. Figur 5 zeigt die photographische Aufnahme der schwingenden Spirale. Um eine günstige Lichtwirkung zu erzielen, wurde hierbei auf vollkommene Resonanz verzichtet.

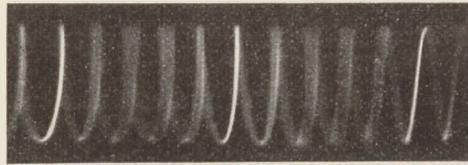


Fig. 5.

Am besten zeigt man diese Erscheinung wohl durch Projektion, indem man die Spirale vor der Kondensorlinse des Projektionsapparates ausspannt. In dem Gesichtsfeld zeigen sich dann allerdings nur 3 Knotenstellen. Ich möchte es deshalb fast für empfehlenswert halten, die Schüler, nachdem man ihnen einen Ausschnitt in vergrößertem Maßstab gezeigt und dargelegt hat, worauf sie ihre Aufmerksamkeit besonders zu richten haben, in Gruppen herantreten zu lassen, damit sie die schöne Erscheinung auch in der Nähe beobachten und sich von dem absoluten Gleichmaß der Schwingungen überzeugen können. Es entbehrt jedenfalls eines gewissen Reizes nicht, wenn sie durch den Augenschein wahrnehmen, daß die scheinbar starr da hängende Spirale in Wirklichkeit in lebhafter Bewegung begriffen ist.

Durch Rechnung kann man leicht nachweisen, daß die Spirale tatsächlich die Schwingungsdauer  $t = 0,01$  Sek. besitzt. Für die unbelastet schwingende Spirale gilt die Formel  $T = 4 \sqrt{\frac{m}{K}}$ , in der  $m$  die Masse und  $K$  den Federwert, d. h. die Belastungsänderung, die die Feder um 1 cm dehnt, bedeutet<sup>1)</sup>. Es wurde für  $m$  der Wert 12,3 und für  $K$  der Wert 2,86 g ermittelt. Die Schwingungsdauer wäre danach  $T = 4 \sqrt{\frac{12,3}{2,86 \cdot 981}}$ . Die mitgeteilte Formel gilt jedoch nur, wenn die Spirale in Form einer Halbwelle schwingt, wenn sich an dem festen Ende ein Knotenpunkt und an dem freien Ende ein Wellenbauch befindet. Das ist hier nicht der Fall. Es bildeten sich bei vollkommener Resonanz 13 Wellen auf 71 Windungen. Eine Halbwelle entspricht also  $\frac{71}{26}$  Windungen und da auf die ganze Länge der Spirale 82 Win-

dungen kommen, hat man die Masse der Spirale durch den Wert  $\frac{82 \cdot 26}{71}$  zu dividieren, um die Masse der in Frage kommenden Halbwelle zu erhalten. Da umgekehrt der Federwert einer verkürzten Spirale unter sonst gleichen Bedingungen größer wird,

<sup>1)</sup> Heft 4 der Mitteilungen der preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht: Hermann Hahn, Die Starre, und Kurt Fischer, Die Schraubenfeder.

so ist  $K$  mit dem genannten Faktor zu multiplizieren. Man erhält somit für die Schwingungsdauer den Wert

$$T = 4 \cdot \sqrt{\frac{12,3 \cdot 71^2}{82^2 \cdot 26^2 \cdot 2,86 \cdot 981}}$$

oder  $T = 0,00984$  Sek. Aus der Gleichung ersieht man, daß die Länge der Spirale auf die Bildung der Wellen keinen Einfluß ausübt, daß aber auch die Spannung nicht wesentlich ist, da bei einer stärker gespannten Spirale der Federwert nicht merklich vergrößert wird.

Bei einer zweiten Spirale von 1 mm Drahtstärke, 1 cm Windungshalbmesser und 50 Windungen entfielen auf 40 Windungen 8 Halbwellen, die Schwingungsdauer ergab den Wert  $T = 0,00989$ . Umgekehrt kann man natürlich, wenn  $T$  als bekannt vorausgesetzt wird, die Zahl  $n$  der auf eine Halbwelle entfallenden Windungen im voraus berechnen und sich dadurch die Einstellung erleichtern. Bei längeren Spiralen, die eine größere Anzahl von Halbwellen bilden, wird dies allerdings kaum nötig sein, da sie bei beliebiger Einstellung immerhin schon schwache Resonanz zeigen.

Diese Berechnungen können natürlich nur auf Grund von Messungen an vorgelegten Spiralen ausgeführt werden. In der Praxis wird es mehr erwünscht sein, eine Übersicht zu haben über die Drahtstärke  $d$ , den Windungshalbmesser  $r$  und die Zahl  $n$ , um auf Grund der Abhängigkeit dieser Größen voneinander eine passende Spirale wickeln zu können. Diese Abhängigkeit ergibt sich aus der Formel für die Schwingungsdauer, wenn man  $m$  und  $K$  durch  $d$ ,  $r$  und  $n$  ausdrückt. Es ist  $m$  für  $n$  Windungen gleich  $\frac{d^2 \pi}{4} \cdot 2 r \pi \cdot n \cdot s$  und  $K = \frac{G \cdot d^4}{64 n r^3}$ , wobei  $G$  den Schubelastizitätsmodul bedeutet. Man erhält also für  $T$  den Wert

$$T = 4 \sqrt{\frac{d^2 \pi \cdot 2 r \pi \cdot n \cdot s \cdot 64 n r^3}{4 G \cdot d^4 \cdot 981}}$$

und daraus

$$\frac{n^2 r^4}{d^2} = \frac{981 \cdot T^2 \cdot G}{512 \pi^2 \cdot s}$$

Die rechte Seite dieser Gleichung stellt für  $T = \frac{1}{100}$  bei Verwendung von Stahl-drähten mit dem spez. Gewicht  $s$  und bestimmtem  $G$  eine unveränderliche Größe dar. Es ist demnach auch

$$\frac{n r^2}{d} = c.$$

Für die zweite der verwendeten Spiralen läßt sich diese Konstante nun sehr leicht bestimmen. Sie hat für  $n = 5$ ,  $r = 1$  cm und  $d = 1$  mm den Wert 5 und man erhält die einfache Beziehung

$$\frac{n r^2}{d} = 5.$$

Diese Gleichung kann auf die Form

$2 \log r = (\log d + \log 5) - \log n$  gebracht und durch 3 logarithmische Leitern gelöst werden. Man kann also jede gewünschte Spirale sofort berechnen. Figur 6 gibt den Zusammenhang zwischen  $n$ ,  $r$  und  $d$  für die beiden benutzten Spiralen an.

Es wäre wohl zu wünschen, wenn dieser lehrreiche und dabei verhältnismäßig so einfach anzustellende

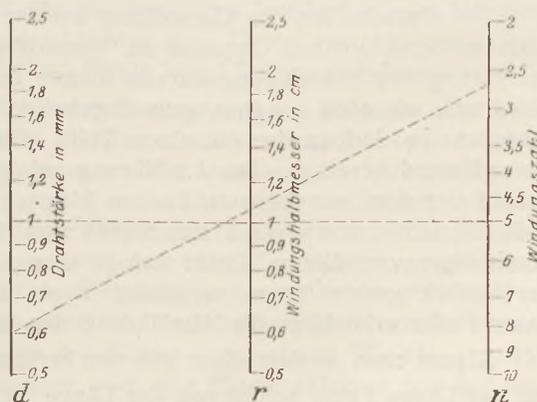


Fig. 6.

Versuch mehr als bisher in Aufnahme käme. Die Vorführungen an der Machschen Wellenmaschine würden dadurch jedenfalls vorzüglich ergänzt werden.

Wenn es nur darauf ankommt, die durch den Wechselstrom hervorgerufenen Resonanzerscheinungen zu zeigen, kann man an Stelle der Stimmgabel auch eine Blattfeder aus Uhrwerken verwenden. Die Amplituden sind hierbei außerordentlich groß. Eine in einen Schraubstock geklemmte Feder von 0,4 mm Stärke und 5,5 cm Länge schwingt z. B. mit einer Amplitude von 2 cm.

Solche Federn kann man auch zur Herstellung eines Frequenzmessermodells benutzen. Auf ein Grundbrett von  $12 \times 12$  cm leimt man längs einer Kante, wie Figur 7 zeigt, einen Holzklötz mit den Dimensionen  $12 \times 2 \times 2,5$  cm und schraubt dann 3 starke Holzschrauben von 5 cm Länge so in das Brett, daß sie etwa 2 cm vorstehen. Die einzelnen Schrauben umwickelt man mit 0,5 mm starkem, mit Seide umsponnenen Kupferdraht in je 100 Windungen und 4 Lagen, so daß auf eine Lage etwa 25 Windungen kommen, und führt die Enden zu zwei Klemmen. Diese drei Schrauben stellen die zur Erregung der Federn dienenden Magnete dar. Sie werden natürlich nicht besonders stark magnetisiert, aber infolge der Resonanz können die Federn trotzdem kräftig in Schwingungen versetzt werden. Auf den angeleimten Holzklötz schraubt man jetzt ein Stück Messingblech und klemmt drei an einem Ende rechtwinklig umgebogene Federn zwischen dem Blech und dem Klötz fest. Der umgebogene Teil wird mit weißer Ölfarbe bestrichen, damit er von weitem gut sichtbar ist. Schwarzer Hintergrund erhöht die Wirkung.

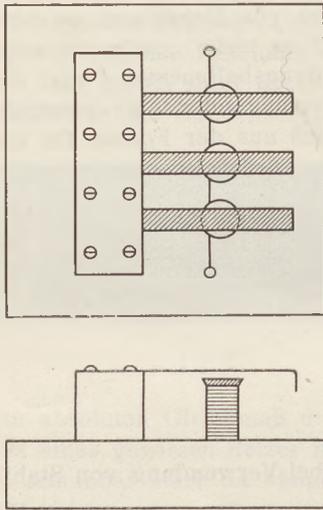


Fig. 7.

Nach diesen Vorbereitungen verschiebt man zunächst die mittlere Feder so, daß sie auf den Elektromagneten gut anspricht, ihre Schwingungszahl also gleich 100 ist. Für die beiden anderen Federn wählt man die Schwingungszahlen 99 und 101. Die Formel 
$$n = \frac{Cd}{l^2} \sqrt{\frac{g \cdot E}{s}}$$
 ergibt, daß man ihre Längen um 0,3 mm gegenüber der mittleren Feder verändern muß, um diese Werte zu erhalten. Die Amplituden der Federn sind bei Verwendung von Wechselstrom mit 100 Wechslen etwa halb so groß wie bei der mittleren. Bei veränderter Periode können auch sie vollkommen ansprechen. Dieses leicht anzufertigende Modell eines Frequenzmessers zeigt die in Frage kommenden Erscheinungen deutlich und es wird im Unterricht gute Dienste leisten können.

Die einfache Art der Herstellung solcher Resonanzfedern veranlaßte mich, noch einen weiteren kleinen Apparat zu konstruieren, der hauptsächlich zur objektiven Vorführung der Schwingungskurven dienen soll. Mit einer Stimmgabel erzielt man allerdings, wie oben erwähnt, gute Ergebnisse, aber der Versuch gestaltet sich etwas unbequem im Aufbau der einzelnen Teile. Durch einen geschlossenen Apparat wird dieser Mangel beseitigt. Die Ausführung erfolgt ähnlich wie bei dem Frequenzmesser. Anstatt der dort verwendeten Federn klemmt man eine andere ein, an deren einem Ende ein Draht von etwa 1 mm Stärke und einigen Zentimetern Länge angelötet ist. Unmittelbar vor diesem Draht bringt man auf dem Grundbrett einen aus einem Kartonstück geschnittenen vertikalen Spalt von 1 mm Breite an. Die Benutzung dieser Feder erleichtert die Ausführung des Versuchs wesentlich.

Nimmt man anstatt einer mit den Stromwechslern in Resonanz stehenden Feder von der Länge  $l$  eine solche von der Länge  $l\sqrt{2}$ , so ist deren Schwingungszahl gleich 50, sie würde also zunächst nicht von dem Elektromagneten beeinflußt werden. Nun

kann man aber bekanntlich die Wirkung eines Stromwechsels auf die Feder durch einen permanenten Magneten, den man von derselben Seite aus bis auf einige Millimeter nähert, schwächen. Hat man etwa den Nordpol genähert, so wird dadurch die Wirkung des einen Südpol in dem Elektromagneten erzeugenden Stromwechsels ganz oder teilweise aufgehoben, während die Wirkung des zweiten Stromwechsels gerade verstärkt wird. Die Feder schwingt also jetzt nur unter dem Einfluß des zweiten Wechsels und ihre Schwingungsdauer ist, wie man sich durch einen Versuch überzeugen kann, halb so groß wie vorher.

Eine solche Feder kann man zur Konstruktion eines Gleichrichters nach dem Prinzip der Pendelgleichrichter benutzen. Die Ausführung zeigt Figur 8. Man leitet zu dem wieder aus einer Schraube hergestellten Elektromagneten, unter Vorschaltung eines Widerstandes, Wechselstrom, der auf 8–10 Volt herabtransformiert ist. Der Elektromagnet bringt im Verein mit dem auf einem kleinen Holzklötzchen ruhenden permanenten Magneten *M* die Blattfeder in Schwingungen. Es genügt hierfür schon ein kleiner Stabmagnet von 8,5 cm Länge, dessen günstigste Stellung durch Versuche auszuprobieren ist. Ein mit der Feder verbundener, rechtwinklig nach unten umgebogener Eisendraht ragt mit dem Ende in einen mit Quecksilber gefüllten Fingerhut so hinein, daß er die Flüssigkeit fast berührt. Infolge der Schwingungen der Feder taucht er periodisch in das Quecksilber ein. Hierdurch wird ein zweiter Stromkreis von 20–30 Volt Spannung, dessen Zuführungsklemmen *A* und *B* sind, abwechselnd geöffnet und geschlossen und ein in den Stromkreis eingeschaltetes Galvanometer für Gleichstrom zeigt einen Ausschlag, da für eine Phase des Wechselstromes der Weg durch die schwingende Feder versperrt ist. Vertauscht man die Pole des Magneten, so erhält man einen Ausschlag von entgegengesetzter Richtung. Den größten Effekt erzielt man natürlich, wenn das Quecksilbergefäß so eingestellt ist, daß der mit der Feder verbundene Draht gerade im Augenblick eines Stromwechsels, wenn die Spannung gleich 0 ist, aus dem Quecksilber heraustaucht. Um das Gefäß leicht in diese günstige Stellung bringen zu können, lötet man senkrecht auf seine Grundfläche ein kurzes Stück 3 mm starken Messingrohres, das in einem anderen in das Grundbrett eingelassenen Rohr mit leichter Reibung verschiebbar ist.

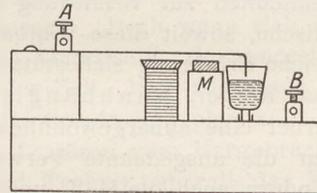


Fig. 8.

Obwohl nun die Spannung des Wechselstroms im Augenblick der Stromöffnung gleich 0 ist, wird sich doch eine starke Funkenbildung, hervorgerufen durch einen dem Öffnungsstrom entgegengesetzten Selbstinduktionsstrom, am Unterbrecher bemerkbar machen. Um diese zu vermeiden, schaltet man parallel zum Unterbrecher einen Kondensator von einigen Mikrofara, der ein gleichmäßiges fast funkenloses Arbeiten gestattet. Im Kleinbetrieb kann dieser Gleichrichter zum Laden von Akkumulatoren benutzt werden. Er kann dauernd durch einen Strom von 1,5 Ampere belastet werden.

Die Anwendungsmöglichkeiten sind hiermit nicht erschöpft. So kann man zwei gekreuzte, mit kleinen Spiegeln versehene Federn zur Erzeugung Lissajouscher Kurven (gerade Linie, Kreis, Ellipse) benutzen. Man schaltet die Elektromagnete in Verbindung mit je einem Widerstand parallel und erhält, wenn die Federn in Phase schwingen, eine gerade Linie, die bei gleicher Amplitude beider Federn einen Winkel von  $45^\circ$  mit der Horizontalen bildet. Verstimmt man eine der Federn, so schwingt sie mit kleinerer Amplitude und einer Phasendifferenz, und man erhält eine Ellipse. Durch Zufuhr stärkeren Stromes kann man erreichen, daß die Amplitude wieder ebenso groß ist wie vorher, und die große Achse der Ellipse unter einem Winkel von  $45^\circ$  geneigt ist. Bei weiterer Verstimmung erzielt man eine Phasendifferenz von  $90^\circ$ , die als Resultierende einen Kreis hervorruft. Der Vorteil dieser Versuchsanordnung

besteht in dem absoluten Stillstand der Kurven, den die üblichen Methoden in gleicher Vollkommenheit wohl kaum ergeben werden. Ein Wandern der Kurven beobachtet man nur für kurze Zeit und zwar im Anfang beim Auftritt der erwähnten Schwelung oder bei Veränderung der Vorschaltwiderstände.

Über die Verwendung der Federn als Doppelkontakt zur schnell aufeinander folgenden Ladung und Entladung eines Kondensators zwecks Bestimmung seiner Kapazität werde ich in einem späteren Aufsatz berichten.

### Kleine Mitteilungen.

#### Über den Begriff des Gewichtes.

Von M. Grübler in Dresden.

Entsprechend seiner sprachlichen Abstammung von wiegen (gotisch *gawigan*) bezeichnet das Wort „Gewicht“ eines Körpers die Größe, die durch Wägung des Körpers auf der Hebelwage<sup>1)</sup> erhalten wird; es bedeutet daher eine gewisse Stoffmenge oder Masse, letzteres Wort zunächst im volkstümlichen Sinne genommen. Denn die Hebelwage ist bekanntlich nicht zur Messung von Schwerkraften geeignet, obwohl die Wägung auf der Wirkung der letzteren beruht. Vielmehr dient sie ausschließlich zur Ermittlung von Raummengen der verschiedenen Stoffe und Stoffgemische, soweit diese wägbare sind. Von größter Bedeutung ist hierbei die auf eine reiche Erfahrung sich stützende Tatsache, daß das Wägungsergebnis, also das Gewicht der Körper, unabhängig ist vom Ort und dem Zeitpunkt der Wägung und ferner eine außergewöhnliche Genauigkeit besitzt. Auf diesen Umständen beruht nicht nur die ausgedehnte Verwendung der Wägung im Handels- und Geschäftsverkehr, sondern auch die Maß- und Gewichtsordnung des Deutschen Reiches. In allen diesen Anwendungsgebieten bedeutet also das Wort „Gewicht“ zweifellos eine Stoffmenge oder Masse.

Leider hat sich in Physik und Technik seit etwa drei Jahrhunderten eine ganz andere Auffassung dieses Wortes eingeschlichen, nämlich die im Sinne von Schwerkraft. Es ist dies leicht erklärlich. Vor Galilei unterschied man wissenschaftlich streng zwischen Ponderabilität und Ponderosität der Körper, also entsprechend zwischen Gewicht und Schwerkraft. Diese Unterscheidung fiel mit Galileis Nachweis, daß alle Körper gleich schnell fallen. Dementsprechend nahm man nunmehr an, daß das Wägungsergebnis, das man mit Gewicht bezeichnete, übereinstimme mit der Kraft, die auf die Wagschale drückend wirkt und dadurch die Wage im Gleichgewicht erhält. Die Entdeckung der Änderung der Fallbeschleunigung mit dem Ort (aus den Pendelbeobachtungen) hat diese voreilige Annahme nicht mehr zu beseitigen vermocht, wohl, weil die Änderungen der Schwerkraft infolge ihrer relativen Kleinheit sich nicht sehr bemerklich machten und so hat sich die physikalische Auslegung des Wortes „Gewicht“ bis heute erhalten, obwohl sie mit der sprachlich allein berechtigten Auffassung und auch mit der Erfahrungstatsache, daß das Wägungsergebnis sich mit dem Orte nicht ändert, in vollem Widerspruch steht.

Diese Doppeldeutigkeit des doch viel benutzten Wortes „Gewicht“ in der Umgangssprache einerseits und in physikalischen wie technischen Gebieten andererseits ist zweifellos ein Nachteil, wenn auch der physikalisch Gebildete vor Irrtümern in dieser Hinsicht sich zu schützen weiß. Anders bei dem Schüler. Wenn dieser nach Gewicht kauft, so ist er außer Zweifel, daß es sich dabei um die Erwerbung einer bestimmten Stoffmenge handelt; die Schwere des Gekauften kommt für ihn gar nicht in Frage. Im Physikunterricht wird ihm gelehrt, daß durch die Wägung auf der

<sup>1)</sup> Die Verwendung von Federwagen zur indirekten Messung von Schwerkraften kommt für das Folgende nicht in Betracht.

Hebelwage die Schwere der Stoffmenge bestimmt wird und auf diese es ankommt. Das muß Verwirrung in ihm anrichten und zu Zweifeln Anlaß geben.

Noch viel wesentlicher aber ist der Nachteil der physikalischen Auslegung des Wortes „Gewicht“ bei Einführung des Massenbegriffes im Physikunterricht. Letztere hat bekanntlich erhebliche erkenntnistheoretische Schwierigkeiten, die besonders in der viel zu findenden Definition der Masse als Quotienten aus Gewicht und Fallbeschleunigung, also einer ganz abstrakten Größe zutage treten. Wesentlich einfacher und anschaulicher wird dagegen der wissenschaftliche Massenbegriff, wenn man sich dabei auf die volkstümliche Auffassung vom Gewicht als einer Stoffmenge stützen kann. Die Masse ist eine physikalische Konstante, die von Raum und Zeit nicht abhängt. Eine reiche wissenschaftliche Erfahrung hat gezeigt, daß das Verhältnis der Massen zweier Körper genau dasselbe ist, wie das ihrer Gewichte. Das heißt aber nichts anderes, als daß man die Massen der Körper durch Wägung auf der Hebelwage vergleichen, d. i. messen kann. Es dürfen sonach Masse und Gewicht als identische Begriffe betrachtet werden. Das Wort „Masse“ wird entbehrlich, denn es kann durch Gewicht ersetzt werden, ohne Verwirrung und Zweifel hervorzurufen. Dieser einfache und anschauliche Weg zum Massenbegriff wird aber ungangbar, wenn wir die physikalische Auffassung des Wortes Gewicht beibehalten.

Soll dieser Zustand, der doch einem früheren wissenschaftlichen Irrtum seine Entstehung verdankt, noch weiter andauern, trotz seiner offensichtlichen Nachteile und seiner Sprachwidrigkeit, nur weil er seit etwa drei Jahrhunderten in Physik und Technik Brauch geworden ist? Wie sagt doch Shakespeare: „Doch wenn sich alles nach dem Brauche fügt, wird nie der Staub des Alters abgestreift, der bergeshoch die Wahrheit überragt.“ Wäre es nicht endlich an der Zeit, hier zugunsten der Klarheit und Zweifelsfreiheit Wandel zu schaffen, obwohl das in den physikalischen Kreisen ein gewisses Opfer an Bequemlichkeit, bzw. Loslösen vom Hergebrachten fordert? Es ist doch zunächst nur nötig, in Physik und Technik überall das Wort Gewicht, wenn es gleichbedeutend mit Schwerkraft sein soll, durch ein anderes zu ersetzen, z. B. durch Last, das eindeutig, klar und kurz ist. Das Wort Masse müßte dagegen zweckmäßig noch bleiben und erst allmählich durch Gewicht (im Sinne von Stoffmenge oder Masse) ersetzt werden. Es wäre eine dankbare Aufgabe für unsere großen fachwissenschaftlichen Gesellschaften, in dieser Richtung vorzugehen und den erwünschten Wandel durch entsprechende Maßnahmen zu beschleunigen.

### Magnetische Messungen.

Von K. Grünholz in Würzburg (Oberrealschule).

#### I.

Von den verschiedenen Versuchen, die zur Bestimmung der Horizontalintensität  $H$  des Erdmagnetismus vorgeschlagen wurden, um den Gaußschen Schwingungsversuch unnötig zu machen (*ds. Zeitschr.* 5, 279; 15, 194; 16, 334; 23, 273 u. a.), eignet sich kaum einer als Schülerübungsversuch. Der Grimsehl'sche Versuch (*Bd. 16 ds. Zeitschr.*), der hier in erster Linie in Betracht kommt und auch schon Aufnahme in die Schulbücher gefunden hat, hat so viele unkontrollierbare Fehlerquellen, daß sich höchstens die erste Dezimalstelle garantieren läßt. Für die Oberstufe ist aber die zweite Stelle dringend erwünscht. Sie noch durch einen Demonstrationsversuch zu gewinnen hat keinen Wert, da sie sich von Tisch zu Tisch wegen der vielen vorhandenen Eisenteile merklich ändert. In unserem Übungssaal habe ich für die einzelnen Tische erhalten:  $H = 0,10; 0,12; 0,07; 0,09; 0,08; 0,10; 0,13; 0,15; 0,16$  Gauß. Diese Überlegung war maßgebend dafür, daß Kollege ENDRES und ich es in diesem Jahre wieder mit der wissenschaftlich so wichtigen Gaußschen Methode versuchten (vgl. HAHN, Handbuch, S. 321). Sehr unangenehm ist dabei allerdings das Fehlen der

Schwingungsformel; aber sie läßt sich doch einigermaßen aus jener für das mathematische Pendel erklären und es schadet dem Schüler auch nichts, wenn er hie und da merkt, daß das Schulwissen noch nicht das Ende alles Wissens ist.

Wenn man sich für diesen Weg entscheidet, so sollte man den schwingenden Magneten auch weiter benutzen zur Vergleichung schwacher homogener Magnetfelder (vgl. HAHN, Handbuch, S. 316). Zunächst kann man durch Vergleichung der Schwingungsdauer am Versuchstisch und im Freien dort  $H$  bestimmen und es stärkt das Zutrauen zu der gegebenen Formel sehr, wenn alle Gruppen im Freien dasselbe  $H$  erhalten.

Einen weiteren Versuch beschreiben wir unter II. Erwähnt sei hier noch, daß wir später mit Tangentenbussole und Voltmeter nochmals  $H$  bestimmen und daß die Übereinstimmung dieser Werte mit den obigen die Schwingungsformel auch erhärtet.

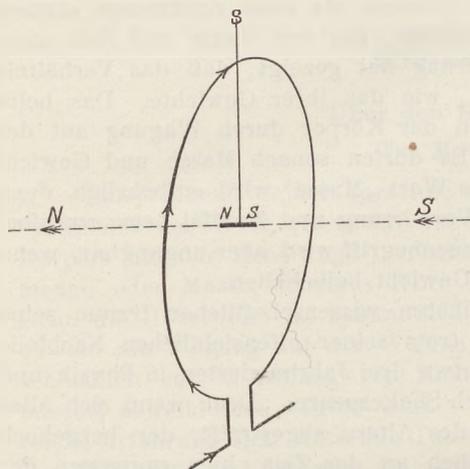


Fig. 1.

Wir haben den schwingenden Magneten (Prisma:  $0,80 \cdot 0,80 \cdot 2,98 \text{ cm}^3$ ) auch benutzt zur Messung der Feldstärke im Mittelpunkt eines kreisförmigen stromdurchflossenen Leiters. Die Drahtschleife vom Halbmesser  $r$  ( $= 7; 10,5; 14 \text{ cm}$ ) wurde so aufgestellt, daß ihre Ebene senkrecht auf der Richtung von  $H$  steht (Fig. 1); die Stromrichtung war so, daß das Feld der Schleife und das Erdfeld sich addierten. Bezeichnet man die Stärke des Stromfeldes mit  $F$ , die es erzeugende Stromstärke mit  $i$  ( $= 7; 14; 21 \text{ Amp.}$ ), so gilt für die Schwingungszeiten  $T_0$  bei  $i = 0$  und  $T_i$  beim Strom  $i$  die Gleichung:

$$H:(H + F) = T_i^2 : T_0^2 \text{ oder: } H:F = T_i^2 : (T_0^2 - T_i^2) \text{ also: } 1. F = \frac{(T_0 + T_i)(T_0 - T_i)}{T_i^2} \cdot H.$$

Da aus dem Biot-Savartschen Gesetz für unsern Fall gefolgert wird:

$$\text{II. } F \cdot \frac{r}{i} = c \cdot 2\pi,$$

so läßt sich auf diesem Wege  $c$  bestimmen, d. i. das Verhältnis der Stromstärkeeinheiten im elektrostatischen und elektromagnetischen Maß. Die Ergebnisse eines solchen Versuches sind aus folgender Tabelle zu ersehen.

	$r_1 = 7 \text{ cm}$			$r_2 = 10,5 \text{ cm}$			$r_3 = 14$		
i. Amp.	T Sek.	F Gauß	$F \cdot \frac{r}{i}$	T Sek.	F Gauß	$F \cdot \frac{r}{i}$	T Sek.	F Gauß	$F \cdot \frac{r}{i}$
0	11,84	0	—	11,96	0	—	11,84	0	—
7	4,84	$4,98 \cdot H$	$4,98 \cdot H$	5,65	$3,48 \cdot H$	$5,22 \cdot H$	6,35	$2,48 \cdot H$	$4,96 \cdot H$
14	3,57	$10,00 \cdot H$	$5,00 \cdot H$	4,21	$7,07 \cdot H$	$5,30 \cdot H$	4,82	$5,03 \cdot H$	$5,03 \cdot H$
21	2,88	$15,89 \cdot H$	$5,30 \cdot H$	3,50	$10,67 \cdot H$	$5,33 \cdot H$	4,00	$7,76 \cdot H$	$5,17 \cdot H$

Im Mittel ist also  $F \cdot \frac{r}{i} = 5,15 \cdot H$ , und da  $H$  an der Versuchsstelle den Wert  $0,115 \text{ Gauß}$  hat, so folgt aus Formel II der Wert für  $c = 0,09_4$ . Dieser Versuch mit seinem wichtigen Ergebnis eignet sich gut für Schülerübungen.

### III.

Aus dem Biot-Savartschen Gesetz berechnet man auch die Kraft, welche ein homogenes Magnetfeld auf ein geradliniges stromdurchflossenes Leiterstück ausübt:

$$\text{III. } P = \frac{i}{10} \cdot F \cdot l,$$

wobei  $F$  die Feldstärke in Gauß,  $l$  die Länge des im homogenen Magnetfeld sich befindenden Leiterstücks ist. Um die in dieser wichtigen Formel beschriebene Beziehung zwischen  $P$ ,  $i$  und  $l$  zu prüfen, hängen wir (Fig. 2) das Leiterstück als Pendelkörper auf. Die Pendelschnüre sind zugleich Stromzuleitungsdrähte und sind mittels Ringen an einem Glasstab angehängt.  $l$  wird verändert, indem wir von 3 gleichen Hufeisenmagneten zuerst einen ( $l_1 = 2,6$  cm), dann zwei ( $l_2 = 5,2$  cm), dann drei ( $l_3 = 7,8$  cm) benutzen.  $P$  wird gemessen durch den Ausschlag, den das Magnetfeld am Pendel bewirkt. Man muß dabei den Magneten nachrücken, damit das Leiterstück an derselben Stelle des Feldes bleibt. Um die Kraft in Dyn zu bekommen, eichen wir zunächst die

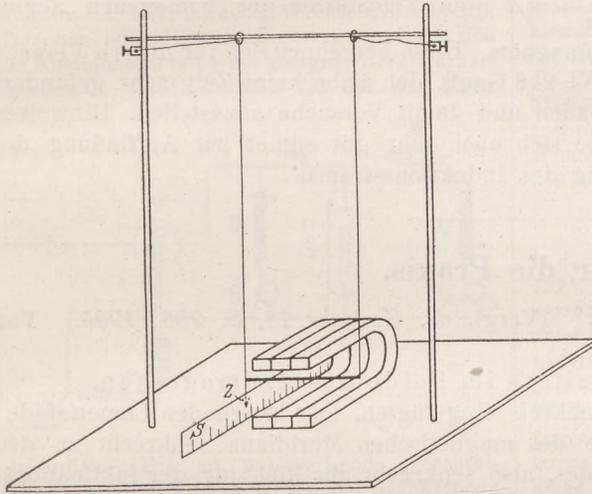


Fig. 2.

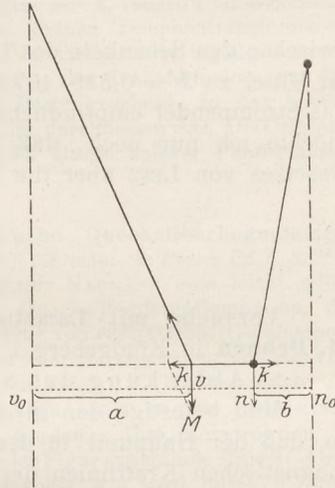


Fig. 3.

Spiegelskala  $S$ , indem wir in einem Vorversuch das Strompendel mit einem mathematischen Pendel (Länge  $f = 103,2$  cm; Pendelgewicht  $m = 5$  g) koppeln (Fig. 3). Verschieben wir den Aufhängepunkt des mathematischen Pendels um die Strecke  $v_0 v = a$  cm (gemessen an einer Spiegelskala) so stellt sich das Gleichgewicht so ein, daß die Kraft, welche das Strompendel nach der Nullage zieht, gleich ist der Kraft, welche das mathematische Pendel nach der Ruhelage zieht. Diese ist aber:  $P = m \cdot g \cdot \frac{a}{f}$  Dyn. Dies ist also die Kraft, welche dem Ausschlag  $n_0 n = b$  des Strompendels entspricht. Es ergibt sich, daß  $P = k_0 \cdot b$  Dyn ist, wobei  $k_0$  eine Konstante des Apparats ist, die der Vorversuch ergibt ( $k_0 = \frac{m \cdot g}{f} \cdot \frac{a}{b}$ ). Die Ergebnisse eines solchen Versuchs sind aus folgenden Tabellen zu ersehen:

a) Vorversuch.

Mathematisches Pendel $f = 103,2$ cm; $m = 5$ g		Strompendel	
Ausschlag $v$ $a$ cm = $v - v_0$	Kraft $P$ $P = m \cdot g \cdot \frac{a}{f}$ Dyn	Ausschlag $n$ $b$ cm = $n - n_0$	Kraft $P = P$ Dyn
$v_0 = 6,45$ cm	—	$n_0 = 9,15$ cm	—
$v_1 = 8,45$ cm	95,06	$n_1 = 9,40$ cm	95,06
$v_2 = 10,45$ cm	190,12	$n_2 = 9,65$ cm	190,12
$v_3 = 12,45$ cm	285,18	$n_3 = 8,45$ cm	285,18

Aus  $P_3 = (n_3 - n_0) \cdot k_0$  folgt bei uns:  $k_0 = 407,4$  Dyn/cm.

## b) Hauptversuch.

 $l_1 = 2,6 \text{ cm}$  $l_2 = 5,2 \text{ cm}$  $l_3 = 7,8 \text{ cm}$ 

i. Amp.	Ausschl. cm	$P \text{ Dyn}$	$\frac{10 P}{l \cdot i}$	Ausschl. cm	$P \text{ Dyn}$	$\frac{10 P}{l \cdot i}$	Ausschl. cm	$P \text{ Dyn}$	$\frac{10 P}{l \cdot i}$
0	9,15	0	—	9,15	0	—	9,15	0	—
3	9,55	0,40 $k_0$	0,51 $k_0$	10,0	0,85 $k_0$	0,54 $k_0$	10,35	1,20 $k_0$	0,51 $k_0$
6	10,05	0,90 $k_0$	0,58 $k_0$	10,85	1,70 $k_0$	0,54 $k_0$	11,45	2,30 $k_0$	0,49 $k_0$
9	10,5	1,35 $k_0$	0,58 $k_0$	11,75	2,60 $k_0$	0,56 $k_0$	12,70	3,55 $k_0$	0,51 $k_0$

Nach Formel 3 ist aber  $\frac{10 P}{l \cdot i} = F$  die Feldstärke des homogenen Feldes

zwischen den Schenkeln des Hufeisenmagnets. Diese berechnet sich für unsern Versuch im Mittel zu  $F = 0,535 \cdot 407,4 \text{ Gauß} = 218 \text{ Gauß}$ . Ich habe keine Zeit mehr gefunden, das Strompendel empfindlicher zu bauen und damit Versuche anzustellen. Hinweisen möchte ich nur noch, daß dasselbe sich auch sehr gut eignet zur Auffindung des Gesetzes von LENZ über die Richtung des Induktionsstroms.

## Für die Praxis.

**Versuche mit Lamettafäden.** (Vergl. *ds. Zeitschr.* 18, S. 286; 1905.) Von **M. Dehnen** in Königsberg i. Pr.

a) Ablenkung des Stromleiters im Felde des Erdmagneten.

Man befestige den in den Stromkreis eingefügten, lose hängenden Lamettafaden so, daß der Hauptteil in der Ebene des magnetischen Meridians senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien des Erdfeldes, also senkrecht zur Richtung der Inklinationnadel, verläuft. Schließt man den Strom von 1—2 Ampère, so schlägt der Faden je nach der Stromrichtung nach Osten oder Westen aus.

Hängt der Hauptteil des Fadens dagegen in der Richtung der magnetischen Kraftlinien, also parallel zur Inklinationnadel, so bleibt er beim Stromschluß unbeeinflusst.

b) Bei der gegenseitigen Anziehung beweglicher, von gleichgerichteten Strömen durchflossener Stromleiter warne ich vor einfacher Verzweigung des Stromes, da es nicht leicht möglich ist, die Kontaktwiderstände beim Anschließen der Lamettafäden völlig auszuschalten, der Strom aber den Weg mit geringerem Widerstand bevorzugt. Vorzuziehen ist die umständliche Schaltung, bei der das Ende des ersten Fadens durch einen abseits herumgeführten Draht mit dem Anfang des zweiten verbunden ist.

c) Um die bei aller Deutlichkeit geringen Ausschläge der Lamettafäden dem ganzen Auditorium sichtbar zu machen, wende ich die Schattenprojektion an. Ich stelle ein Lämpchen mit punktförmiger Lichtquelle in die Nähe der Lamettafäden und erhalte den Schatten an der Decke oder Wand in stattlicher Größe, so daß die Vorgänge sich auch aus einiger Entfernung leicht beobachten lassen.

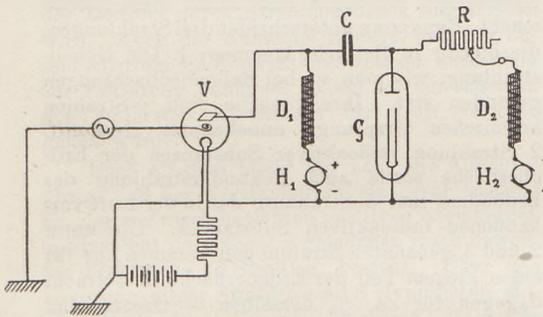
d) Spulen im Magnetfelde. Man biege aus dünnem isolierten Draht 2 bis 3 Windungen in Rechtecksform so, daß sie bequem auf die Pole eines Hufeisenmagneten passen, und füge diese Spule beiderseits mittels Lamettafaden in den Stromkreis ein. Halte ich die Spule etwas straffer mitten zwischen den Magnetpolen, so beobachte ich beim Ein- und Umschalten des Stromes die Drehung der Spule. Hängt die Spule lose, so fliegt sie beim Stromschluß auf den einen Magnetpol. Schalte ich dann um, so schnellst sie ab, eilt entweder zum anderen Pol, um sich mit gleicher Seite über ihn zu legen, oder sie dreht sich vor dem ersten Pol blitzschnell um und legt sich umgekehrt über ihn.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Aufnahme von schwachen Wechselströmen mit dem Glimmlichtoszillographen.**  
Von V. ENGELHARDT und E. GEHRCKE (Zeitschr. f. tech. Physik, VI, Nr. 4, 1925).

Der Glimmlichtoszillograph, von E. GEHRCKE 1905 in der Zeitschr. f. Instrumentenkunde beschrieben, hat für den vorliegenden Zweck namentlich durch seine Trägheitsfreiheit Vorteile vor der Braunschen Röhre. Doch liefert er erst bei Strömen von einigen Milliampere genügend große Amplituden. Bei schwachen Wechselströmen, z. B. Telephon- oder Mikrophonströmen, empfiehlt sich die Kombination mit einer geeigneten Verstärkeranordnung. Die Schaltung ist aus der Figur

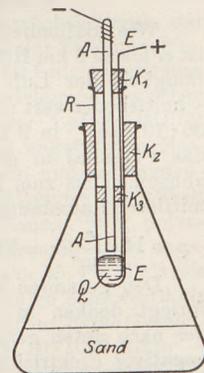


ersichtlich. Die zu untersuchende Wechselspannung liegt zwischen Gitter und Glühkathode des Verstärkerrohres *V*, dessen Anodenspannung durch die Hochspannungsmaschine *H*<sub>1</sub> geliefert wird. Durch die Eisendrossel *D* (die Hochspannungswicklung eines Spannungswandlers 15 000/110 V) wurden die dem Verstärker entnommenen Wechselströme verhindert sich über die Hochspannungsquelle auszugleichen und gezwungen, durch den Blockkondensator *C* (etwa 100 000 cm) und das Glimmlichtrohr *G* zu fließen. Die Hochspannungsmaschine *H*<sub>2</sub>, wie *H*<sub>1</sub>, durch eine Eisendrossel vor dem Eindringen der Wechselströme geschützt, liefert den Gleichstrom, der im Glimmlichtrohr dem Wechselstrom überlagert werden muß, um eine vollständige Abbildung beider Halbwellen zu bekommen (vgl. E. GEHRCKE in Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Bd. 25). Die Stromstärke dieses überlagerten Gleichstroms wurde durch einen Silitwiderstand *R* geregelt. Als Verstärkerrohr diente ein Senderohr von Schott und Gen. mit 600 V. Anodenspannung und 1,35 Amp. Heizstrom. Der geradlinige Teil seiner Charakteristik lag zwischen -20 und +50 V Gitterspannung. Die hiernach im Anodenkreis auftretende Stromamplitude von etwa 25 Milliampere reicht aus, um im Glimmlichtrohr eine genügend große Schwankung der Glimmlichtlänge zu geben.

Die Kathode des Glimmlichtrohres *G* bestand aus zwei 60 mm langen, 10 mm breiten Nickelblechen im Abstand von 1,5 mm voneinander, ihre Außenseiten und Ränder waren mit Glimmer

bedeckt, so daß sich das Glimmlicht nur in den Raum zwischen den Blechen ausbreiten konnte. Der Kathode stand eine Anode von kreisrundem Nickelblech gegenüber. Das Rohr war mit Stickstoff von etwa 10 mm Druck gefüllt, die Abhängigkeit der Glimmlichtlänge von der Stromstärke war linear. Bei der angegebenen Stromstärke betrug die Schwankung der Glimmlichtlänge etwa 16 mm. Die Oszillogramme wurden mit Hilfe eines rotierenden Hohlspiegels photographisch aufgenommen, wobei die Sekundärklemmen eines kleinen Telephontransformators am Gitter des Verstärkerrohres lagen, während die Primärwirkung des Transformators von den Strömen eines Postmikrophons, in das hineingesprochen wurde, durchflossen war. Die Originalabhandlung gibt einige solcher Photogramme wieder. P.

**Eine einfache Quecksilberbogenlampe.**  
In der „Zeitschrift für technische Physik Bd. 6. S. 286, 1925, gibt HELMUT NAUMANN eine leicht selbst herzustellende Quecksilberdampf Lampe an, die unter Vorschaltung von ca. 300 Ohm (Glühlampewiderstand) mit einer Netzspannung von 220 Volt betrieben werden kann. Sie brennt dann mit 0,6 Amp. und kann somit an jede Lichtleitung angeschlossen werden. Ihre Konstruktion ist aus nachstehender Figur ersichtlich. Eine 3–4 mm



dicke Homogenkohle *AA* wird durch 2 Korke *K*<sub>1</sub> und *K*<sub>2</sub> in einem Reagenzglas *R* gehalten. Mit ihr ist ein 0,5 mm dicker Eisendraht *EE* nahe am Reagenzglas eingeklemmt, der unten etwas gebogen in ca. 1 cm Quecksilber *Q* eintaucht. Der Abstand der Kohle *A* von der Quecksilberoberfläche betrage ca. 1–2 mm. Die Kohle *A* wird mit dem negativen Pol der Leitung verbunden, da sie sonst zu stark glühend wird und ein kontinuierliches Spektrum aussendet. Der Eisendraht *E* verbindet das Quecksilber *Q* mit dem positiven Pol der Leitung. Als Stativ dient mit Vorteil ein Erlenmeyerkolben, in dessen Hals das Reagenzglas mit einem großen durchbohrten Kork eingesetzt wird. Der Boden ist zum Schutze des Kolbens beim Zerspringen des Reagenzglases fingerhoch mit Sand bedeckt, wodurch die Standfestigkeit des ganzen Apparats erhöht wird. Gezündet wird die Lampe durch Schütteln. Anfangs reißt der Lichtbogen leicht ab, bis er nach mehrmaligem Zünden schließlich im Quecksilberdampf brennt. Nach einigen Betriebsstunden ist das untere Kohlenende so zerfressen, daß es abgeschnitten werden muß.

Da der Lichtbogen unter Atmosphärendruck

brennt, besitzt er eine bedeutende spezifische Helligkeit, ist 1–2 mm lang und ca. 0,3 mm breit. NAUMANN hat hierin auch einige Spektrallinien deutlich gesehen, die in der Vakuumlampe nur schwer zu beobachten sind. Außer den Spektrallinien des Quecksilbers sieht man die Linien der in der Kohle enthaltenen Alkalien und Erdalkalien. Die dem Kohlebogen sonst eigentüm-

lichen Zyanbanden treten hier nur im Augenblick nach dem Zünden auf. Die hohe Durchlässigkeit des gewöhnlichen Geräteglases für das Ultraviolett erlaubt es, bis zu 350  $\mu\mu$  herunter sämtliche, auch die schwächsten Linien des Spektrums photographisch leicht festzuhalten. Referent hat selbst eine solche Lampe bei Vorträgen erprobt.  
A. Wenzel.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

Über das Grundproblem der luftelektrischen Forschung<sup>1)</sup>. Die eigentliche luftelektrische Forschung begann mit den Bemühungen FRANZ EXNERS und seiner Schüler, mit Hilfe eines von EXNER geschaffenen Instrumentariums ein möglichst umfangreiches und einwandfreies Beobachtungsmaterial zu gewinnen. Die Wiederentdeckung der Leitfähigkeit der Luft durch ELSTER und GEITEL führte um die Wende des Jahrhunderts zu der Grundfrage der luftelektrischen Forschung, wie die dauernde Aufrechterhaltung des Erdfeldes zu erklären ist, wenn dauernd, wie die Beobachtungen ergaben, durch den luftelektrischen Vertikalstrom der Erde positive Elektrizität zuströmt.

Um dies näher zu erforschen, hat die Carnegie-Institution luftelektrische Messungen stichprobenweise an den verschiedensten Orten des ganzen Erdballs vornehmen lassen mit folgendem Ergebnis. Überall fließt im größten Teil des Jahres ein vertikal abwärtsgerichteter Strom, der an der Erdoberfläche aus positiv geladenen Ionen besteht, von der Stärke

$$n = 2 \cdot 10^{-6} \text{ A/km}^2.$$

Wie Ballonbeobachtungen ergeben haben, ist er bis zu 9 km Höhe nahezu konstant. Die Leitfähigkeit der Luft wächst von ihrem Durchschnittsbodenwert von  $\lambda = 3 \cdot 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$  bis auf  $36 \cdot 10^{-4} \text{ sec}^{-1}$  in 9 km Höhe. Entsprechend muß das Potential in gleichem Maße mit der Höhe abnehmen bis zum Rande der Troposphäre. Die mittlere Raumladungsdichte beträgt hiernach

$$\rho = 14 \cdot \frac{e}{\text{cm}^3} \quad (e = \text{Elementarquantum}).$$

Den gesamten Vertikalstrom kann man sich zerlegt denken in einen positiver Elektrizität, der nach unten gerichtet ist, und einen solchen negativer Elektrizität, der nach oben gerichtet ist. Der negative wächst mit der Höhe, während der positive in der Stratosphäre beginnende Strom mit zunehmender Annäherung an die Erdoberfläche anschwillt. An der Grenze der Troposphäre sind beide gleich, denn hier passieren in einer Sekunde ca. 600 positive und gleichviel negative Ionen den Quadratzentimeter. Es fragt sich nun, welche Vorgänge diesen dauernden Strom von der Stratosphäre zur Erdoberfläche erhalten und wo die hierzu erforderlichen Energiequellen zu suchen sind.

Man könnte mit SCHWEIDLER (1) einen sogenannten Kompensationsstrom nicht elektrischer Natur annehmen, der die der Erde zugeflossene

Elektrizität wieder zur Stratosphäre befördert. Dieser ist aber nur rein hypothetischer Natur. Wollen wir dem Problem näher kommen, müssen wir auf die primären Vorgänge und Ursachen der Luftelektrizität zurückgehen. Woher stammt zunächst die Leitfähigkeit der Luft? Die Ursache hierzu ist eine Strahlung, die die Ionisation der Atmosphäre hervorruft und damit diese leitend macht. BENNDORF unterscheidet drei Strahlungen, die hierfür in Betracht kommen: 1. Die Höhenstrahlung, wie man sie bei Ballonbeobachtungen gefunden hat. Ihre Ursache sind  $\gamma$ -Strahlen kosmischen Ursprungs unbekannter Herkunft. 2. Strahlung radioaktiver Substanzen der Erdoberfläche sowie auch Sekundärstrahlung des Erdbodens und 3. Strahlung der in der Luft vorhandenen radioaktiven Substanzen. Die unter 2 und 3 genannten Strahlungen kommen nur für einen kleinen Teil der Erdoberfläche in Betracht dagegen für ca.  $\frac{4}{5}$  derselben — Ozeane und Polargebiete — die Höhenstrahlung, die etwa 1,5 Ionenpaare im Kubikzentimeter in der Sekunde liefert. Über dem Festland liefert Strahlung 2 ca. 7 und Strahlung 3 ca. 4 Ionenpaare, so daß als Gesamtzahl über dem Ozean etwa 1,5 und über dem Festlande etwa 12,5 Ionenpaare pro Kubikzentimeter und Sekunde frei werden müßten. Da aber die Ionenzahl über dem Festland und dem Meere von gleicher Größe gefunden wird, so muß man annehmen, daß über dem Festland Adsorption an Staub und Wiedervereinigung die Zahl vermindert.

Woher der zur Erde fließende Strom, der „Zustrom“, seine Energie nimmt, ist vorläufig noch unbekannt. Daher soll zunächst untersucht werden, welcher Art der Zustrom ist. Die Kräfte, die möglicherweise den Zustrom aufrechterhalten, können nach SCHWEIDLER (1) folgender Art sein: 1. Elektrische Kräfte, 2. Trägheit, 3. Gravitation, 4. Strahlungsdruck und 5. Konvektion, d. h. Mitführung von Ladungen durch bewegte Luft. Wäre ein elektrisches Feld allein die Ursache des Zu- und Abstromes, so müßte dieser ein normaler Leitungsstrom sein, derart, daß er an ungestörten Stellen des Erdfeldes Zustrom, an den — nur wenigen — gestörten Stellen Abstrom ist. Der letztere müßte in der Stratosphäre zum Ausgleich der Zustromquellen wieder zuströmen. Dies könnte aber nicht als ein Leitungsstromvorgang geschehen, da die nötigen elektromotorischen Kräfte fehlen. Es käme demnach nur ein Konvektionsstrom in Betracht, der aber in der leitenden Stratosphäre nur von kurzer Dauer und geringer räumlicher Ausdehnung denkbar wäre,

<sup>1)</sup> Nach H. BENNDORF, Phys. Zs. 26. 81. 1925.

was zur Versorgung des Zustromes nicht ausreicht, wie SWANN (2) gezeigt hat.

Nun wäre es noch denkbar, daß der vertikale Zustrom aus negativ geladenen Trägern bestände, die vermöge ihrer Schwere niederfallen (Niederschläge, kosmischer oder irdischer Staub). Messungen haben aber ergeben, daß nur ca. 10% der Niederschläge negativ geladen sind. Die von ihnen der Erde zugeführte Elektrizitätsmenge ist viel zu gering, um dem positiven Zustrom die Wage zu halten. Niederfallender Staub mit negativer Ladung müßte aber nach SCHWEIDLER zur Überwindung der positiven Raumladung der Luft eine so große Geschwindigkeit haben, wie sie bei freifallenden kleinen Teilchen ausgeschlossen ist. So kommt also auch diese Möglichkeit zur Kompensation des positiven Zustroms ebensowenig in Frage, wie die Annahme, daß der Zustrom durch Strahlungsdruck angetrieben wird. Auch die Annahme EBERTS, daß der Zu- und Abstrom ein Konvektionsstrom ist, kann nicht zur Erklärung genügen, da ein solcher schon in den untersten Kilometern der Luft verloren gehen würde.

Nach alledem bleibt nur noch die Annahme übrig, daß der Vertikalstrom ein Strahlenstrom ist, der aus rasch bewegten positiven Atomkernen ( $\alpha$ -Strahlen) oder negativ geladenen rasch bewegten Elektronen ( $\beta$ -Strahlen) besteht. Über den Ursprung dieser Strahlen sind 3 Hypothesen aufgestellt worden. SIMPSON (3) meint, die Sonne sende  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen aus. Während die  $\alpha$ -Strahlen in den obersten Schichten der Atmosphäre hängen bleiben, sollen die  $\beta$ -Strahlen zum Teil bis zur Erdoberfläche vordringen. Nach SWANN sind dagegen radioaktiv zerfallene Atome der Atmosphäre die Quelle der  $\beta$ -Strahlen. Auch meinte SWANN in Übereinstimmung mit SCHWEIDLER, daß eine sehr harte  $\beta$ -Sekundärstrahlung von der sogenannten durchdringenden Höhenstrahlung in der Luft hervorgerufen wird. Hiernach müßten aber zur Aufrechterhaltung der Erdladung dann im Durchschnitt 1200 Elektronen in einer Sekunde auf ein Quadratcentimeter der Erdoberfläche prallen.

Hier muß aber sogleich hervorgehoben werden, daß einerseits Versuche von SCHWEIDLER und später von SWANN, das Vorhandensein von  $\beta$ -Strahlen durch Aufladen eines Metallklotzes direkt nachzuweisen, völlig negativ ausgefallen sind. Andererseits wäre bei dem Vorhandensein einer solchen harten  $\beta$ -Strahlung eine Ionisation der Luft vom 20 000 fachen Betrag der wirklich gemessenen zu erwarten.

Zur Beurteilung, ob nach diesen Versuchsergebnissen die Annahme, der Zustrom sei ein Strahlenstrom, aufrecht erhalten werden kann, ist zu erwägen, welchen Wert man diesen Versuchen beimißt, d. h. ob sie wirklich überzeugend sind oder ob trotzdem noch obige Annahme aufrecht erhalten werden kann. SCHWEIDLER führte seine Versuche mit einem Absorptionskondensator durch, der aus einer metallischen massiven Innenelektrode bestand, die von einer dünnen, metal-

lischen, geerdeten Außenbelegung völlig umgeben war. Die Innenelektrode wird abwechselnd positiv und negativ aufgeladen und der Strom gemessen, der zwischen den Kondensatorbelegungen in beiden Fällen fließt. Die Empfindlichkeit der Apparatur reichte aus, daß noch 1% des zu erwartenden Stromes hätten gemessen werden können. Zur Erklärung des negativen Ausfalls dieser Versuche kann einerseits angenommen werden, daß die einfallende  $\beta$ -Strahlung zwar merklich aufgenommen, doch gleichzeitig eine Sekundärstrahlung der Innenelektrode erregt wird, die die Zufuhr negativer Elektronen ausgleicht. Andererseits kann aber auch die zu erforschende negative Strahlung eine solche Härte besitzen, daß sie von der Innenbelegung des Kondensators trotz seiner Dicke (bei SCHWEIDLER 4 cm dicke Fe-Platten, bei SWANN 25 cm dicke Cu-Platten) nicht hinreichend absorbiert wird. Hiernach beweisen also, wie auch BENNDORF anführt, die SCHWEIDLERSchen Versuche nicht absolut das Fehlen einer  $\beta$ -Strahlung.

Was die Ionisationsfähigkeit schneller  $\beta$ -Strahlen anbetrifft, so hat zwar LENARD festgestellt, daß solche von 95% der Lichtgeschwindigkeit 43 Ionenpaare auf ein Zentimeter Weglänge hervorrufen. Aus der nach empirisch gewonnenen Werten entworfenen Kurve läßt sich durch Extrapolation entnehmen, daß  $\beta$ -Strahlen von Lichtgeschwindigkeit noch 40 Ionenpaare auf 1 cm Weglänge freimachen würde, doch hält SWANN dem die Möglichkeit entgegen, daß bei nahezu Lichtgeschwindigkeit der  $\beta$ -Strahlen ein durchquertes Atom schon zur  $\gamma$ -Strahlung angeregt, aber nicht mehr ionisiert wird.

Ein Faktor ist noch zu berücksichtigen, der mit dem elektrischen Haushalt der Erde in engem Zusammenhang steht, das ist der Erdmagnetismus. Wiederholt hat BAUER (4) Beziehungen zwischen dem Erdmagnetismus und der Luftpotezialität nachgewiesen. Aus den oben angeführten Messungen der Carnegie-Institution und erdmagnetischen Messungen leitet er folgendes ab. Teilt man die Erdoberfläche in 3 Zonen, zwei polare und eine äquatoriale Zone, deren Grenzen ungefähr der nördliche und südliche 45. Parallelkreis sind, so treten in der äquatorialen Zone vertikale Abströme negativer Elektrizität auf, deren Gesamtstromstärke  $354 \cdot 10^4 \text{ A} = \text{d. h. } 10 \cdot 10^{-3} \text{ A/km}^2$  — ist, während an den Polarkappen negative Zustrome gefunden wurden, deren Gesamtstromstärke auf der Nordkappe rund  $194 \cdot 10^4 \text{ A} = \text{d. h. } 26 \cdot 10^{-3} \text{ A/km}^2$  — und auf der Südkappe rund  $160 \cdot 10^4 \text{ A} = \text{das sind } 21 \cdot 10^{-3} \text{ A/km}^2$  — beträgt. Diesen magnetisch nachgewiesenen Strömen gegenüber ist der luftpotezielle vertikale Leitungsstrom mit seinen insgesamt  $1000 \text{ A.} = \text{Stromdichte } 2 \cdot 10^{-6} \text{ A/km}$  — eine verschwindend kleine Größe. Auch für diese starken BAUERSchen Ströme bleibt keine andere Erklärungsmöglichkeit übrig, als daß es ebenfalls Elektronenströme sind, deren System allerdings noch erforscht werden muß. Nach BAUER läßt sich vorläufig nur soviel sagen, daß über See- und in Tiefdruckgebieten der negative Strom

zur Erde, in Hochdruckgebieten und über Land von der Erde weg zu fließen scheint.

Zur Erklärung dieser Eigenart der BAUERschen Ströme zieht BENNDORF eine Überlegung SCHWEIDLERS heran, daß je nach der Oberflächenbeschaffenheit der Erde und nach Stärke und Richtung der Höhenstrahlung ( $\gamma$ -Strahlen) extrem schnelle  $\beta$  Strahlenströme von oder zur Erde fließen. Auch nach diesen Überlegungen muß in den Polarzonen der Zustrom, in der Äquatorialzone der Abstrom überwiegen. Infolge dieser Ströme werden auch in der Erde Ströme von der Äquatorialzone zu den Polarkappen fließen.

So sieht man, daß die BAUERschen Ströme den Antrieb für den ganzen Elektrizitätshaushalt

der Erde bilden. Sie sind die Ursache der Erdströme und mittelbar durch die Leitfähigkeit der Luft auch des elektrischen Feldes der Erde.

A. Wenzel.

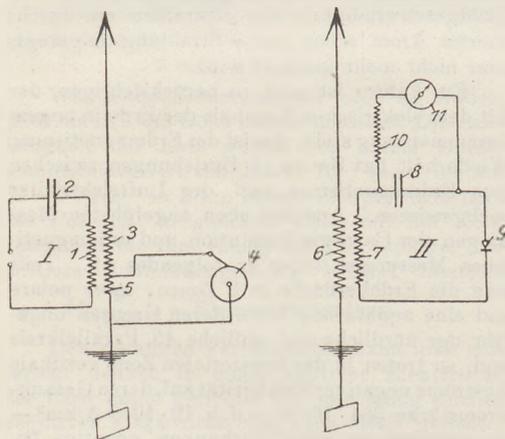
#### Literaturverzeichnis.

1. E. v. Schweidler: Graetz' Handbuch der Elektrizität. Bd. III. 1915; Enzyklop. d. math. Wissensch. 1915; Wiener Ber. IIa. 127. 515. 1918; Ann. d. Phys. 63. 726. 1919; Terr. Magn. 27. 105. 1922.
2. W. F. G. Swann: Terr. Magn. 20. 105. 1915; Phys. Rev. (2) 9. 555. 1917; Bull. Nat. Res. 17. 54. 1922; Franklin Journal Heft 4. 433. 1923; Phil. Mag. (6). 47. 306. 1924.
3. G. C. Simpson: Nature 69. 270. 1934; 90. 411. 1912 (vgl. auch die Übersetzung Mat. Zeitschr. 30. 235. 1913); Monthly Weather Rev. 44. 115. 1916.
4. L. A. Bauer: Terr. Magn. 25. 145. 1920.
5. Weitere Literatur bei H. Bennndorf a. a. O.

#### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Die neueste Entwicklung der Bildtelegraphie.** Nach A. KOEN in den *Naturwissenschaften XIII (1925) Heft 24*. Die Fortschritte der drahtlosen Telegraphie haben nicht nur Vorteile für die Bildübertragung auf drahtlosem Wege, sondern auch für die Bildtelegraphie durch Drahtleitungen und endlich für die sogenannten indirekten Methoden ergeben.

I. Unter den Fortschritten der drahtlosen Bildtelegraphie kommt an erster Stelle die telautographische Methode in Betracht. (Man vergl. auch ds. Zeitschr 21, 57 und 142 [mit Abbildungen]; 1908, ferner 29, 166; 1916.) Die zu übertragende Handschrift oder Zeichnung wird



mit nichtleitender Tinte auf eine Metallfolie geschrieben und diese um einen drehbaren Metallzylinder gewickelt. Auf der Folie schleift eine Metallspitze, die bei jeder Drehung des Zylinders sich ein wenig in axialer Richtung verschiebt. Beim Kontakt mit den leitenden Stellen tritt Stromschluß, auf der nichtleitenden Stelle dagegen Stromunterbrechung ein. Läßt man den Strom auf einen synchron rotierenden Zylinder wirken, der mit einem chemisch empfindlichen Papier bedeckt ist, so werden auf diesem Markierungen hervorgebracht, die der Originalzeichnung (in der Regel weiß auf blauem Grunde) entsprechen. Größere Schnelligkeit der Wiedergabe wird erzielt, indem die Stromwirkungen auf ein Saiten-

galvanometer mit oszillierendem Spiegelchen übertragen und dessen Bewegungen photographisch festgehalten werden. Die dazu dienende Anordnung ist folgende (Figur): In dem Primärkreis I des Gebers mit der Selbstinduktion 1 und der Kapazität 2 werden ungedämpfte oder schwach gedämpfte Schwingungen erzeugt, die durch die induktiv gekoppelte Selbstinduktion 3 auf die Antenne übertragen werden. Man kann nun diese Schwingungen dadurch verstimmen, daß man einen Teil der Selbstinduktion 3 kurzschließt; dies geschieht jedesmal, wenn der Taststift des Kopiertelegraphen 4 auf eine leitende Stelle der Geberfolie trifft, während andernfalls die ganze Selbstinduktion 3 eingeschaltet bleibt. Im Empfänger ist die Selbstinduktion 6 der Antenne mit einer zweiten Selbstinduktion 7 gekoppelt, die mit der Kapazität 8 und dem Detektor 9 einen Schwingungskreis II bildet. Beim Eintreffen der nicht verstimmten Wellen der Gebestation geht in ganz bestimmter Richtung durch den Detektor ein Strom, dem ein Weg durch eine parallel zu 8 geschaltete Leitung gegeben wird, während die Schwingungen selbst durch eine Selbstinduktion 10 abgedrosselt werden. Ist dagegen die Selbstinduktion 3 der Gebestation zum Teil kurzgeschlossen, so werden die Wellen in II nicht aufgenommen und es entsteht kein Ausschlag im Saitengalvanometer 11. Die Ausschläge des letzteren werden dann, wie vorher angegeben, photographisch reproduziert; die dadurch hervorgerufenen Marken setzen sich zum Bilde zusammen.

Die so erlangten Resultate waren noch ziemlich roh und beschränkten sich während des letzten Kriegsjahres auf die Wiedergabe von Flugzeugaufnahmen des Terrains. Die Elektronenröhre erst ermöglichte es, über diese Resultate hinauszugehen und Transmissionsgeschwindigkeiten zu erreichen, die sogar die mit Drahtleitungen erzielten übertrafen. Die Verwendung der Elektronenröhre besteht im wesentlichen darin, daß dem Gitter des Senders wirksame Spannung zugeführt wird oder nicht, je nachdem der Taststift auf eine leitende oder nichtleitende Stelle der Folie trifft. Dadurch aber ändert sich die Schwingungsdauer der ausgesandten Wellen

in ähnlicher Weise wie vorher durch den mechanischen Kontakt. Dadurch erst kann der Vorteil des Saitengalvanometers als Empfänger voll ausgenutzt werden. Auch die früheren Detektoren (Figur) sind durch eine Audion- und Verstärkeranordnung ersetzt. So konnten im letzten Jahr nicht nur Zeichnungen und Handschriften, sondern auch Photographien in Form von Rasterbildern drahtlos in ebenso kurzen Zeiten wie über Drahtleitungen übertragen werden. Ein ähnliches Verfahren ist neuerdings auch von JENKINS in den Vereinigten Staaten ausgebildet worden, doch sind hier keine Saitengalvanometer benützt, sondern eine blendenartige Öffnung wird beim Eintreffen von Wellen bestimmter Wellenlänge momentan freigegeben. Einige Versuche dieser Bildtelegraphie, bei denen als Empfänger die lichtempfindlichen Zellen benützt wurden, sind zwischen London und New York ausgeführt worden, doch dürfte der Übertragung über so große Entfernungen die Schwierigkeit der Synchronisierung entgegenstehen.

II. Auch für die Bildtelegraphie durch Drahtleitungen kann die Verstärkungstechnik Vorteile ergeben. Dies tritt namentlich bei der Methode der lichtempfindlichen Zellen hervor. Diese befinden sich in der Achse eines Glaszylinders, auf den die Photographie als transparenter Film aufgewickelt ist. Bei Drehung des Zylinders wird der Film gleichsam von der lichtempfindlichen Zelle abgetastet und die in ihr ausgelösten stärkeren oder schwächeren elektrischen Ströme werden durch die Fernleitung zum Empfänger gesandt, wo das Bild aus seinen Elementen zusammengesetzt wird. Die ersten gelungenen Versuche dieser Art wurden von A. KORN 1907 auf den Strecken Berlin—München, Berlin—Paris, Paris—London ausgeführt (vergl. *ds. Zeitschr.* 21, 57 und 29, 166). Bei ihnen wurde ein Saitengalvanometer mit lichtempfindlicher Zelle als Sender benützt. Die Selenzellen als lichtelektrische Sender geben indessen nicht sehr kräftige Effekte, die von ihnen erzeugten Ströme waren im allgemeinen kleiner als 1 Milliampere. Die Selenzellen sind aber neuerdings mit Erfolg ersetzt worden durch die von ELSTER & GEITEL konstruierten, auf dem lichtelektrischen Effekt beruhenden photoelektrischen Zellen, die zwar eine weit geringere Stromstärke geben, dafür aber fast trägheitslos sind. Durch Anwendung gewaltiger Verstärkungen ist es im vorigen Jahr gelungen, bei Versuchen der American Telegraph and Telephose Company zwischen Cleveland und New York auf rund 1000 km Entfernung zu befriedigenden Resultaten zu erlangen. Dennoch sind dadurch die Selenzellen keineswegs ganz in den Hintergrund gedrängt. Man kann bei ihnen den Nachteil der Trägheit dadurch erheblich mindern, daß man ihre wirksame Schicht dünner macht. Dadurch wird ihr Widerstand vergrößert, das kann aber durch geeignete Verstärkung wieder ausgeglichen werden. Erwähnt sei, daß auch bei drahtlosen Versuchen der Marconi-Gesellschaft und der Radio-Corporation zwischen England und den Vereinigten Staaten photo-

elektrische trägheitslose Zellen im Geber verwandt wurden, die mit Verstärkerrohren verbunden waren. Genauere Angaben liegen indessen nicht vor.

Interessant ist endlich noch die schon vor etwa 30 Jahren von den Amerikanern EATON und AMSTUTZ vorgeschlagene, von dem französischen Ingenieur BELLIN ausgearbeitete Reliefmethode. Die Klischees hierfür werden durch Kopieren von Photographien auf Chromgelatine und Aufquellenlassen und Härten der Gelatine hergestellt und auf den rotierenden Zylinder gewickelt. Ein Taststift wird dem Relief entsprechend bald mehr, bald weniger gehoben und schaltet dadurch in die Fernleitung mehr oder weniger Widerstand ein. Das Verfahren erfordert sehr sorgfältig gearbeitete Klischees, als Empfänger diente ein als Oszillograph wirkendes Drehspiegelchen, das mehr oder weniger Licht auf den Empfangsfilm warf. Die Methode ist indessen durch die Verstärkerrohren in den Hintergrund gedrängt.

III. Die indirekten Methoden der Bildtelegraphie empfehlen sich bisher noch am meisten für Bildübertragungen auf große Entfernungen, z. B. zwischen Europa und Amerika. Ein älteres, von A. KORN angegebene Verfahren beruht darauf, mit Hilfe der Selenmethode für jedes Bildelement einen Buchstaben bzw. eine Lochkombination in einem Lochstreifen herzustellen und durch diese Telegramme das Bild im Empfänger zu reproduzieren. Jeder Buchstabe oder jede Lochkombination entspricht einem Bildelement von bestimmter Helligkeitstönung und wird als ein solcher durch den Typenhebel einer Schreibmaschine wiedergegeben, so daß durch Aneinanderreihung solcher Bildelemente ein zusammenhängendes Bild erzeugt wird. Die Schwierigkeit, die schwachen Ströme des Selengebers zum Drucken von Buchstaben bzw. zum Stanzen von Lochstreifen zu verwenden wird mit Hilfe von Elektronenröhren behoben. Nach diesem Prinzip wurde 1922 eine größere Zahl von Übertragungen von Rom über Nauen nach New York ausgeführt.

Will man mit Hilfe von Buchstabentelegrammen oder Lochstreifen nur Handschriften oder Zeichnungen übertragen, so bedient man sich im Sender nicht der lichtelektrischen Zellen, sondern der telautographischen Methode, da es sich nur um Übertragung von Schwarz und Weiß, nicht um Helligkeitstönungen handelt. Auf diese Weise wurden im letzten Jahre zwischen Berlin und Rom Unterschriften und Fingerabdrücke übertragen.

IV. Zum Schlusse wird über das eigentliche elektrische Fernsehen folgendes bemerkt: Erforderlich ist vor allem eine außerordentliche Beschleunigung der Übertragung, derart, daß, was bisher in einigen Minuten geschah, in höchstens  $\frac{1}{10}$  Sekunde vor sich gehen müßte, was bei Drahtübertragung mehr als eine Fernleitung, bei drahtloser Telegraphie aber das gleichzeitige Senden mit einer großen Zahl verschiedener Wellenlängen erfordern würde; schon

wegen der hohen Kosten der Anlage ist an eine wirtschaftliche Ausnutzung nicht zu denken. Ferner ist zu bedenken, daß zum Abtasten beweglicher Bilder viel geringere Lichtintensitäten zur Verfügung stehen als bei Übertragung von intensiv durchleuchteten Photographien; die Verstärkungstechnik dürfte auch hier an einer Grenze anlangen. Neuerdings bekannt gewordene Versuche (von MIHÁLY,

JENKINS, BAIRD u. a.) beschränken sich auf einfachste bewegte Figuren; immerhin ist soviel gewiß, daß der Übertragung sich bewegender Bilder technisch unüberwindliche Schwierigkeiten nicht entgegenstehen.

Einige Proben der Übertragung feststehender Bilder bietet die angeführte Abhandlung von A. KORN. P.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Lehrbuch der Physik.** Von O. D. CHWOLSON. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Bd. IV, Abt. 1: Das konstante elektrische Feld. Herausgegeben von Prof. Gerhard Schmidt in Münster i. W. 432 S. Mit 154 Abbildungen. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn A. G. 1925. M. 14.—, geb. M. 16.—.

Der Verf. setzt in der Einleitung die drei Vorstellungsarten oder Bilder auseinander, die in der Lehre von den elektrischen Erscheinungen nebeneinander bestehen; er unterscheidet sie als die Fernwirkungstheorie (A), die Theorie (B) der Vermittlung durch das Medium (Maxwellsche Theorie) und die Elektronentheorie (C). Er glaubt für die einleitende Darstellung der Erscheinungen sich aus didaktischen Gründen der „unbedingt unrichtigen“ Theorie A bedienen zu sollen, da sie dazu dienen kann, die Erscheinungen in bequemer und einfacher Weise zu beschreiben. Die Theorie B hat die Hoffnungen auf eine einheitliche Darstellung des ganzen Gebietes nicht erfüllt, dies gilt insbesondere für die Lehre von der Elektrolyse, auch ist es bis jetzt nicht gelungen, eine klare mechanische Vorstellung von dem Charakter der vorausgesetzten Deformationen des Mediums zu gewinnen, endlich haben sich die Erscheinungen der Elektronentheorie nicht in das Bild B einordnen lassen. Man kann zwar alle Beschreibungen und Erklärungen auf die Theorie C aufbauen, aber es ist nicht unbedingt notwendig; wichtiger ist, daß sich der Anfänger mit den Tatsachen und Gesetzen vertraut macht, die von keiner Theorie abhängig sind. Es ist nicht zu vermeiden, daß der Einfachheit der Darstellung wegen zum Teil die Vorstellungen der Theorien A und B benutzt werden. Es handelt sich dabei um drei Gebiete, um das konstante elektrische Feld, das konstante Magnetfeld und das veränderliche magnetische (oder elektromagnetische) Feld.

Den Gegenstand des vorliegenden Bandes bildet ausschließlich das konstante elektrische Feld. Es umfaßt die Eigenschaften dieses Feldes, seine Quellen, die Wirkung des elektrischen Feldes auf die in ihm befindlichen Körper, die elektrostatischen Messungen und die Elektrizität der Atmosphäre der Erde. Die Darstellung geht zum Teil bis zum Jahre 1924 fort. Die Klarheit und Zuverlässigkeit des Werkes bedarf keiner erneuten Anerkennung. Besonders hingewiesen sei auch auf die wertvollen Literaturübersichten. P.

**Grundriß der Physik von Sumpf-Hartenstein.** Ausgabe A. 15. Auflage. Neu bearbeitet von Oberstudienrat Dr. H. HARTENSTEIN. 330 S. Mit 585 Textabbildungen und 1 Spektraltafel in Farbendruck. Hildesheim und Leipzig, August Lax, 1924. Geb. M. 4.20.

Die Auflage erscheint wesentlich gekürzt, der Übungsstoff ist auf die wichtigsten Aufgaben beschränkt und die Schülerübungen sind ganz weggelassen worden. Andererseits sind namentlich im Gebiet der Elektrizität einige Ergebnisse neuerer Forschung, so einige Angaben über drahtloses Fernschreiben und Fernsprechen hinzugekommen. Vielen Wünschen entsprechend ist die deutsche Schrift in dieser Auflage wieder hergestellt worden. P.

**Ausgewählte Fragen des Mechanikunterrichts auf der Oberstufe.** Von Dr. H. WEINREICH. (Beihefte zur Zeitschrift für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, Heft 9.) Leipzig, B. G. Teubner 1925. 65 S. G.-M. 2.80.

Das Heft gibt den Inhalt von drei Vorträgen wieder, die bei einem Ferienkursus an der Universität Göttingen vom 8.—17. Juli 1924 gehalten worden sind. Der Verf. schließt sich dem Vorschlage des Damnu an, die Mechanik schon auf OII zu behandeln, allerdings unter der Voraussetzung, daß die erforderlichen Kenntnisse aus der Infinitesimalrechnung schon im Beginn des Jahreskursus in der Mathematik erworben werden. Der erste Vortrag bezieht sich auf Grundbegriffe und Grundgesetze mit Anwendung auf die geradlinige und krummlinige fortschreitende Bewegung unter Einbeziehung zahlreicher experimenteller Veranschaulichungen. Der zweite betrifft die Drehbewegungen mit Ausblick auf den Kreisel und unter Heranziehung einfacher vektorieller Hilfsmittel. Der dritte handelt von Schwingungen und Wellenbewegungen, er weicht am meisten von dem Herkömmlichen ab, indem er von der Herleitung der Sinusbewegung aus der gleichförmigen Bewegung im Kreise keinen Gebrauch macht, sondern an der belasteten Schraubenfeder die Differentialgleichung der Schwingung aufstellt und das Integral durch Differentiation als richtig erweist. Es läßt sich nicht verkennen, daß die Darstellung des ganzen Gebiets dadurch erheblich an Einfachheit und innerem Zusammenhang gewinnt. Den Schluß bilden die Resonanzerscheinungen und der Übergang zur Wellenlehre. Das Heft ist durchaus der Beachtung wert. P.

**100 Versuche aus der Mechanik.** Von GEORG v. HANFFSTENGEL, a. o. Prof. a. d. Techn. Hochschule Charlottenburg. 53 S. Mit 100 Abb. im Text. Berlin, Julius Springer, 1925. Mk. 3.30.

Die Versuche sind sämtlich mit den Hilfsmitteln des Universal-Mechanikmodells „Pantechno“ anzustellen, die in der Einleitung genau beschrieben sind. Das Modell ist von der technisch-wissenschaftlichen Lehrmittelzentrale in Berlin NW 87 Sickingenstr. 24, zu mäßigem Preise zu beziehen. Die Anfertigung der beschriebenen Geräte wird zum Teil nicht geringen Scharfsinn erfordern; wichtiger aber ist, daß die Werkstücke auch zur Verwirklichung eigener Pläne der Schüler dienen können. So bietet die Sammlung reiche Anregung für die Selbsttätigkeit und die Erziehung zum technischen Denken, die nicht früh und nicht intensiv genug geübt werden können. P.

**Logarithmische Rechentafeln für Chemiker, Pharmazeuten, Mediziner und Physiker.** Von F. W. KÜSTER †. 30. bis 34. Auflage, bearbeitet von Prof. Dr. H. THIEL. 148 S. Berlin. Walthers de Gruyter & Co. 1925. Mk. 4.80, geb. Mk. 6.—.

Die Tafeln sind für den Gebrauch im Unterrichtslaboratorium und in der Praxis bestimmt. Sie enthalten außer dem üblichen Inhalt der Logarithmentafeln noch die Atomgewichte der Elemente und deren Logarithmen, die Gewichte und Logarithmen häufig gebrauchter Atome, Atomgruppen und Molekeln, maßanalytische Äquivalente, Tafeln zum Berechnen der Analyse, volumetrische Bestimmung von Gasen und gasentwickelnden Stoffen, Molekulargewichts- und Volumbestimmungen, Löslichkeiten, Normallösungen, Wheatstonesche Brücke, elektrochemische Konstanten, Aräometertafeln u. a. m. Durch die Mitwirkung zahlreicher Fachmänner während eines langen Zeitraumes hat das Buch eine hohe Vollkommenheit und Brauchbarkeit erlangt. P.

**Die drahtlose Telegraphie und Telephonie, ihre Grundlagen und Entwicklung.** Von Dr. PAUL FISCHER in Bremen. (Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 828). 106 S. Mit 48 Abbild. Leipzig, B. G. Teubner. 1925. Geb. M. 1.80.

Das Bändchen bietet auf engem Raum ein reiches und gut durchgearbeitetes Material, das die Grundtatsachen und Gesetze des Gebiets verständlich darbietet, so daß auch der weniger gut Vorgebildete zu einer gewissen Einsicht in die Grundlagen geführt wird. Nächste der abgestimmten Funkentelegraphie werden auch die Schwingungen in gekoppelten Schwingungskreisen, Stoßfunkenenergie, tönende Funken, sowie die verschiedenen Sendesysteme behandelt. Drahtlose Telephonie mit Verwendung der Glühkathodenröhre und des üblichen Rundfunkempfangsgeräts wird behandelt. Auch der Unterhaltungsrundfunk und das Amateurwesen in Deutschland werden erörtert. Die unökonomische Vielheit der Produktion in Deutschland auf diesem Gebiet wird verurteilt. Viele wert-

volle Bemerkungen in bezug auf die Rundfunktechnik sind in das Schriftchen eingestreut und machen seine Lektüre interessant. P.

**Die Eisenbahn im Bild.** Zweite Folge: Die Eisenbahn einst und jetzt. 120 S. Dritte Folge: Eisenbahnwagen und Eisenbahnsicherungsdienst. 112 S. Von JOHN FÜHLBERG-HORST. Stuttgart, Franckhs technischer Verlag, Dieck u. Co. Jeder Band M. 4.50, geb. M. 6.—.

Die zweite Folge dieses prächtigen Werkes enthält über 170 Abbildungen von Lokomotiven aus älterer und neuerer Zeit, dazu 10 Seiten Text, das Ganze ein wertvolles Anschauungsmaterial zur Geschichte der Lokomotiven. Die dritte Folge bringt Genaueres über Bau, Beleuchtung, Heizung, Lüftung, Bremsung der Eisenbahnwagen, über Weichen und Kreuzungen, Signale, Radioverkehr im Zuge, alles Gegenstände, die das Interesse der Jugend aufs lebhafteste erregen. Die Bücher werden daher wie die erste Folge viele Freunde finden. P.

**Naturwissenschaft, Weltanschauung, Religion.** Bausteine für eine natürliche Grundlegung des Gottesglaubens. Von Dr. med. et phil. J. REINKE, Prof. a. d. Universität Kiel. 2. u. 3. verb. Auflage. 180 S. Freiburg i. B. Herder & Co. 1924. Geb. M. 3.50.

Die Schrift wendet sich an die Jugend und das Volk, um dem Einfluß entgegenzuwirken, den atheistische Schriften wie Häckels Welträtsel ausgeübt haben. Er nimmt als Biologe für die Naturwissenschaft das Recht in Anspruch, auf induktivem Wege in das Gebiet des Metaphysischen einzudringen und dadurch dem Gottesglauben zur Stütze zu werden. Auch dem Physiker und Chemiker wird das auf langer Lebenserfahrung beruhende Buch wertvolle, die Weltanschauung betreffende Perspektiven eröffnen. P.

**Physik, die Kraftlehre.** Für die Oberklassen höherer Lehranstalten. I. Teil. Mechanik, Astronomie und Wärme mit Meteorologie. Von FRANZ STENZL, Professor an der Staatsoberrealschule in Zwittau. 180 S. und zahlreiche Abbildungen. Reichenberg, Nordböhmischer Verlag 1923.

Das Buch ist zunächst für die deutschsprachlichen Lehranstalten der tschechoslowakischen Republik bestimmt und im Anschluß an das bewährte Lehrbuch von K. ROSENBERG verfaßt, es nimmt demgemäß auch an dessen Vorzügen Teil, obwohl der Verfasser an vielen Stellen zum Teil grundsätzliche Änderungen vorgenommen hat. Als Hauptunterschied und Vorzug des Buches vor anderen Lehrbüchern hebt der Verfasser selbst in seinem Begleitwort hervor, daß es frei von den Mängeln sei, die man an Newtons Grundlagen aussetzen habe. Auch andere Autoren wie namentlich HÖFLER, haben darauf hingewiesen, ohne ebenso radikal vorzugehen wie der Verfasser. Dieser geht von Raum, Zeit und Kraft als Grundbegriffen aus und stellt als 1. Grundprinzip der Dynamik das zweite Newtonsche Gesetz in folgen-

der Form auf: Die Wirkung einer konstanten Kraft ist eine konstante Beschleunigung in der Richtung der Kraft. Hierbei ist der Kraftbegriff nicht definiert, sondern der „gewöhnlichen Lebenserfahrung“ entnommen. Als 2. Grundprinzip erscheint das Unabhängigkeitsprinzip, als 3. das Gegenwirkungsprinzip. Dagegen will der Verfasser das Trägheitsgesetz Newtons nicht als Grundprinzip gelten lassen, sondern sieht darin nur eine Folge des Unabhängigkeitsprinzips; doch darf nicht übersehen werden, daß das 1. Grundprinzip des Verfassers schon das Trägheitsgesetz voraussetzt, das deshalb von Newton mit Recht an den Anfang gestellt ist. Recht anfechtbar erscheint die Herleitung des Verfassers: „Ist die treibende Kraft winzig klein, so ist auch die Beschleunigung winzig klein und der Körper bewegt sich mit konstanter (!) Geschwindigkeit in gerader Richtung weiter.“ Wie der Begriff der Masse mit dem Trägheitswiderstand verknüpft ist, hat Höfler schon in die treffende Form gebracht: Die Masse eines Körpers ist die nach dem Trägheitswiderstand gemessene Menge seiner Materie. Der Verfasser dagegen definiert die Masse eines Körpers als seinen „Trägheitswiderstand gegen die Beschleunigung Eins“. Dies ist in doppelter Hinsicht zu beanstanden; die Masse ist kein Trägheitswiderstand, sondern nur der eine Faktor eines solchen; denn Trägheitswiderstand ist eine Kraft, also Masse mal Beschleunigung; und der Trägheitswiderstand ist nicht gegen eine Beschleunigung, sondern gegen eine Kraft gerichtet. Auch hier sind also Unstimmigkeiten nicht vermieden. Man tut daher doch wohl nicht gut, solange die Axiomatik der Physik noch in den Kinderschuhen steckt, nach subjektivem Ermessen Änderungen am Hergebrachten vorzunehmen, die nur die Einheitlichkeit der wissenschaftlichen Vorbildung gefährden. Besser, man gibt die korrekten Newtonschen Fassungen an und rückt sie dann zurecht, so weit dies nach heutiger Auffassung wirklich geboten erscheint, wobei sich Newtons Lex I als Axiom, II als Definition, III als Erfahrungssatz von nicht unbedingter Allgemeingültigkeit herausstellen dürften.

Die Grundprinzipien der Dynamik sind indessen nicht, wie man von einem streng systematisch vorgehenden Buche erwarten sollte, an den Anfang gestellt, sondern es ist unter Zugrundelegung des dem gewöhnlichen Leben entnommenen Kraftbegriffs zuerst die Statik behandelt. Der Verfasser legt großen Wert darauf, daß er den Satz von der Erhaltung der Arbeit mit Hilfe des Kräfteparallelogrammes bewiesen und auf die Form des Prinzips der virtuellen Verschiebungen gebracht hat, woraus dann mit Leichtigkeit sich die goldene Regel der Mechanik ergibt. Die dazu erforderlichen Betrachtungen sind indessen, vom Schulstandpunkt angesehen, nicht so einfach; der Verfasser selbst stellt daher anheim, die betreffenden Beweise zu übergehen, wenn sie als zu schwierig erscheinen sollten! (Ebenso auch bei den Beweisen für die Drehung der Erde in § 101.) In der Tat kommt hier mehr ein theoretisches

Interesse, das des Systemzusammenhangs, in Frage, für das der Schüler im Beginn der Oberstufe noch nicht den rechten Sinn haben kann. Ihm wird es lehrreicher sein, aus dem in Einzelfällen erkannten und dann verallgemeinerten Energieprinzip die „goldene Regel“ für die einzelnen Maschinen ableiten zu können. Dies entspricht auch mehr dem Gang der wissenschaftlichen Erkenntnis.

Wir übergehen eine Reihe anderer Besonderheiten, wie die Behandlung des Trägheitsmomentes, des Foucaultschen Pendelversuchs u. a. m. und erkennen gern an, daß das Buch infolge des Bestrebens, die Zusammenhänge des Systems zur Darstellung zu bringen, der Beachtung wert ist. Gerade damit ist aber auch eine größere Hineigung zum Abstrakten und eine stärkere Hineigung zur deduktiven Behandlung der Physik verbunden. Wir glauben nicht, daß deutsche Lehranstalten diese aus nationalem Sonderinteresse hervorgegangene Bearbeitung des Rosenbergschen Buches diesem selbst vorziehen werden. P.

#### Grundversuche mit Detektor und Röhre.

Von Dr. A. SEMILLER. 48 S. mit 28 Textabbildungen. Berlin, Julius Springer, 1925. Mk. 2.10.

Der Verfasser bietet auf Grund seiner Erfahrungen im Schulunterricht und in Schülerübungen eine Zusammenstellung von für die Schule geeigneten Versuchen über Detektor und Glühkathodenröhren, die wir der Beachtung der Fachkollegen empfehlen. Eine in der Einleitung gegebene Liste der für den Zweck geeigneten teils notwendigen, teils behelfsmäßigen, teils wünschenswerten Geräte wird allgemein willkommen heißen werden. Im Vorwort erörtert der Verfasser die Frage der Einführbarkeit dieser Versuche in den Schulunterricht; diese wird je nach der persönlichen Stellung des Lehrers verschieden beantwortet werden. Das vom Verfasser erwähnte Verfahren von ERNST GRIMSEHL, einzelne Gebiete eingehender zu behandeln und dafür auf einen gleichmäßigen Überblick über das ganze Gebiet zu verzichten, ist von GRIMSEHL selbst in späterer Zeit wieder fallen gelassen worden. P.

#### Radio im Physikunterricht.

Von HEINRICH SCHULZE (Beihefte der Unterrichtsblätter für Math. u. Naturw., herausgeg. von Dr. GEORG WOLFF, Heft 1). 64 S. mit 62 Textfig. Berlin, Otto Salle, 1925. Mk. 1.80.

Das Bändchen ist wie das vorhergehende für den Schulunterricht bestimmt, aber etwas breiter angelegt und darum zum Teil über die Bedürfnisse des Unterrichts hinausgehend. Es will dem Lehrer der Physik dazu helfen, sich mit einfachsten Mitteln eine gute Experimentierapparatur zu schaffen, zugleich aber auch ihn in die Behandlung des Gebiets einführen. Auf eine kurze geschichtliche Einleitung folgt ein Kapitel über elektrische Schwingungskreise und ein zweites über die Elektronenröhren und deren Verwendungsarten. Die Vorführung der Versuche wird durch Benutzung von Papptafeln, die als

Schalttafeln dienen, und auf denen sich die Schaltungsskizzen aufzeichnen lassen, ganz wesentlich erleichtert. *P.*

**Radio-Technik für Amateure.** Anleitungen und Anregungen für die Selbsterstellung von Radio-Apparaten, ihren Einzelteilen und ihren Nebenapparaten. Von Dr. ERNST KADISCH. Mit 216 Abb. 216 S. Berlin, Julius Springer. 1925. Geb. Mk. 5.10.

Das Buch ist hauptsächlich für den Amateur geschrieben, dem das Basteln und Ausprobieren möglichst vieler Schaltungen die Hauptsache ist. Es enthält eine große Zahl von Anleitungen zur Herstellung aller für den Empfang benötigten Einzelteile, einschließlich des Drehkondensators, des Niederfrequenzverstärkers, des Pendelgleichrichters und des Weicheiseninstruments. Voran geht ein theoretischer Teil, der in „laienverständlicher Sprache“ die allgemeinen Grundlagen der elektromagnetischen Schwingungen anschaulich zu machen sucht. Eine Beschreibung der wichtigsten Empfangsschaltungen folgt. Anschließend sind Formeln und Tabellen zur Berechnung der Wellenlänge, Kapazität und Selbstinduktion angeführt, jedoch fehlt die Formel für das Ohmsche Gesetz, die doch für die richtige Bemessung des Heizwiderstandes nicht ohne Bedeutung ist. Eine Tafel der europäischen Sender bildet den Schluß. *W. Zorn.*

**Der Mensch und die Planeten.** Von H. J. GRAMATZKI. 159 S. mit Abbildungen im Text. Berlin 1922. Pyramidenverlag Dr. Schwarz & Co. M. 1.30.

Sehnsuchtsvoller Glaube und strengprüfende Wissenschaft haben Jahrhunderte hindurch um die Planeten gerungen. GRAMATZKI sucht diesen Kampf zu schildern und für beide Gegner Verständnis zu vermitteln. Als anerkannt guter Beobachter schildert er aus eigener Erfahrung anschaulich die Schwierigkeiten der Planetenbeobachtung und übereilten Deutungen tritt er entgegen, indem er aus allen, auch den unscheinbarsten Umständen die unerbittlichen physikalischen Folgerungen zieht. Aber an unseres Wissens Grenze mag er nicht Halt machen und geht verständnisvoll frommer Sternendeutung nach. Wo er ehrliches Suchen nach Wahrheit erkennt, deckt er den Irrtum mit liebevoller Schonung auf, wo jedoch Aberglauben oder platte Neugier sich breit machen, findet er harte Worte zorniger Abwehr dieser Entweihung. In der heutigen Zeit, da viele ohne ausreichende naturwissenschaftliche Kenntnis zum Sternenhimmel schauen, um die letzten Rätsel zu ergründen, wird dieses Buch manchen Irrenden zurechtführen, ohne ihn zu verletzen. *W. Vn.*

**Die Röntgenstrahlen als Hilfsmittel für die chemische Forschung.** Von K. BECKER. 97 S. mit 60 Abb. Fr. Vieweg u. Sohn, Akt.-Ges., Braunschweig 1924. (Sammlung Vieweg, Heft 73.)

Das vorliegende Heft faßt die Ergebnisse der Röntgenforschung der letzten 12 Jahre zu-

sammen, soweit sie für die chemischen Problemstellungen von Bedeutung geworden sind und auch die chemische Forschung zu neuen Fragen angeregt haben. Ausgehend von den allgemeinen Grundlagen der Röntgenforschung und der Spektralanalyse wird der Zusammenhang zwischen Kristallstruktur und Stereochemie entwickelt. Die kristallographischen Grundlagen werden dargelegt, soweit sie für das Verständnis des Folgenden erforderlich sind, und dann die bisherigen Ergebnisse der Röntgenforschung an Elementen, anorganischen und organischen Verbindungen und Mischkristallen behandelt. Auch der Einfluß der Temperatur auf das Raumgitter wird erläutert und zum Schluß ein Ausblick auf die Molekülgröße im Kristall und auf hochmolekulare Verbindungen gegeben. In einem Anhang werden Anhaltspunkte zur rechnerischen Auswertung monochromatischer Röntgenogramme und die allgemeine Rungesehe Methode geboten. Auf eine eingehende mathematische Behandlung der Röntgenogramme und Berechnung der Strukturen hat der Verf. verzichtet; ebenso ist auch die Behandlung des experimentellen Teiles unterblieben. Beides ist in der vorhandenen Literatur schon ausführlich behandelt. Jedem naturwissenschaftlich Interessierten kann das Studium dieses Büchleins nur empfohlen werden. *A. Wenzel.*

**Zwei Spezialwerke über Erdöle.** Bei der immer wachsenden wirtschaftlichen und politischen Bedeutung des Erdöles ist es sehr zu begrüßen, daß die vielen verstreuten Einzeluntersuchungen der letzten Jahre nach ganz verschiedenen Gesichtspunkten in zwei Büchern behandelt werden:

**Wissenschaftliche Grundlagen der Erdölverarbeitung** Von LEO GURWITSCH, Prof. an der Univers. und Techn. Hochsch. Baku. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 13 Abb. im Text und 4 Tafeln. VI + 399 S. Berlin, Julius Springer, 1924. Geb. Mk. 18.—

**Chemische Technologie des Erdöls und der ihm nahestehenden Naturerzeugnisse: Erdgas, Erdwachs und Erdpech (Asphalt).** Von RICHARD KISSLING. Zweite Auflage. Mit 200 Fig. und 4 Tafeln im Text. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. XVIII + 804 S. 1924.

GURWITSCH behandelt naturgemäß die so verschiedenen und interessanten russischen Produkte besonders ausführlich, während KISSLING paritätischer vorgeht. Bei GURWITSCH findet man das Wissenschaftliche ausführlicher, der deutsche Autor gibt mehr wertvolle Statistiken und mehr technologische Einzelheiten. So ergänzen sich beide Werke auf das beste. Der Diktion des Russen merkt man den Ausländer oft an, dafür findet man z. B. die Hauptcharakteristika der verschiedenen Erdöle und ihrer einzelnen Fraktionen sehr knapp und klar zusammengefaßt. Die neueste Literatur konnte GURWITSCH wohl nicht vollständig verwerten, dafür sind die wertvollen russischen Arbeiten über die sehr komplizierten Bestandteile der Bakuöle (Naphtene und

dergl.) vollständig berücksichtigt, die uns oft unzugänglich sind. Beide Bücher sind glänzend ausgestattet und für Lehrerbibliotheken, namentlich realistischer Lehranstalten, sehr zu empfehlen.

W. Roth-Braunschweig.

**Chemische Kristallographie der Flüssigkeiten.** Kurze Anleitung zur Synthese und Untersuchung polymorpher und kristallin-flüssiger Substanzen. Von Dr. D. VORLÄNDER, Prof. a. d. Univ. Halle. Mit 61 mikrophotographischen Abb. Leipzig 1924, Akad. Verlagsgesellschaft m. b. H. 90 S. Mk. 12.—

Die Schrift geht im ersten Abschnitt, der die „Beziehungen zwischen kristallin-flüssigen Eigenschaften und molekularer Zusammensetzung“ behandelt, auf nichts Geringeres als auf die Erforschung der molekularen Gestalt mit Hilfe der kristallinen Flüssigkeiten und gibt Anweisungen zur Untersuchung der letzteren sowie zur Mikrobestimmung von Schmelz- und Übergangspunkten. Hier wären einige Abbildungen zur Apparatur erwünscht gewesen. In zwei Doppeltabellen wird eine willkommene Übersicht der kristallin-flüssigen Substanzen „für Forschung und Unterricht“ geboten, die mit dem viel untersuchten p-Azoxyanisol beginnt, wobei auch genaueste Literaturangaben zu finden sind. Hervorragend veranschaulicht wird alles theoretisch Gebotene durch die zahlreichen, sehr exakt ausgeführten Abbildungen, die, auf  $\sim 30$  Glanzdrucktafeln in Großoktav gewissermaßen den zweiten Teil des ganzen Buches bilden. Für jeden, der sich in das Forschungsgebiet der molekularen Gestaltung und des feineren Baues des Stoffes, besonders der organischen Verbindungen hineinbegibt, wird die Schrift ein unentbehrliches Hilfsmittel und eine Quelle reichen Genusses sein. O. Ohmann.

**Die Unfälle beim chemischen Arbeiten,** Von Dr. K. EGLI, Prof. a. d. Kantonschule Zürich, und Dr. E. RÜST, Prof. a. d. Kantonalen Handelsschule Zürich. Rascher & Co. A.-G., Zürich, Leipzig u. Stuttgart. 261 S.

Das Buch fußt auf den Arbeiten aus dem Nachlasse von K. EGLI, (vgl. *ds. Zeitschr.* 16, 39 u. 17, 114), der sich um die Sache der Unfallverhütung unzweifelhafte Verdienste erworben hat. Es enthält eine Fülle wertvoller Ratschläge und bestimmter Beispiele. Gerade die Sammlung zahlreicher Unfälle, die sich beim Forschen und im experimentellen Unterricht ereigneten, macht die Lektüre des Buches sehr anregend und wird auch diejenigen, die den Unfallverhütungsvorschriften bisher keinen großen Wert beimaßen, überzeugen. Die Unfälle betreffen mechanische Verletzungen, Verbrennungen und Verätzungen, Vergiftungen und Explosionen. Die Übersichtlichkeit des Gebotenen würde durch eine genauer ausgearbeitete Inhaltsangabe — die jetzige beträgt nur etwa  $\frac{1}{2}$  Seite — erheblich gewinnen; auch die innere Anordnung könnte noch verbessert werden, z. B. hinsichtlich der Verweisungen. Alles in allem ist das Buch eine Bereicherung der chemischen Unterrichtsliteratur. Obgleich ihm Abbildungen

fehlen, ist es als Beihilfe zu allen praktischen chemischen Arbeiten warm zu empfehlen.

O. Ohmann.

**Der Gang der qualitativen Analyse.** Für Chemiker und Pharmazeuten bearbeitet von Dr. FERD. HENRICH, o. ö. Prof. a. d. Univ. Erlangen. 2. erweiterte Auflage. Mit 4 Fig. Berlin, Julius Springer. 44 S. Mk. 2,40.

Das kurzgefaßte Buch beschäftigt sich von Anfang an mit der praktischen Analyse selbst, z. T. in tabellarischer Form. Von Theoretischem wird nur die Ionenlehre, als Auhang, behandelt. Manche experimentelle Winke, die für den Unterricht von Wert sind, sind eingeflochten. In der Erwägung, daß doch die „Vorproben“ den Weg darstellen, „nach dem der erfahrene Chemiker sich stets zuerst über den Charakter einer Substanz orientiert“, wird diesen Vorproben ein verhältnismäßig breiter Raum ( $> 9$  Seiten) gewährt, insbesondere wird auf das Bunsensche Kohle-Sodastäbchen großes Gewicht gelegt und eine zweckmäßige Herstellung desselben an der Hand einer Figur genau erläutert. Da verschiedenes aus den analytischen Vorübungen auch für den chemischen Unterricht Bedeutung hat, so sei auch aus diesem Grunde auf das klar abgefaßte Buch empfehlend hingewiesen. O. Ohmann.

**Kolloidchemie.** Von Dr. E. WEDEKIND, Prof. a. d. Forstl. Hochschule Hann.-Münden. Mit 9 Abb. Berlin u. Leipzig, W. de Gruyter & Co., Sammlung Götschen 897. 122 S. Mk. 1,25.

Das Buch gibt eine treffliche Übersicht über die wichtigsten Tatsachen der Kolloidchemie. Die Methoden zur Herstellung kolloider Lösungen werden klar gekennzeichnet, ebenso die Eigenschaften und Zustandsänderungen der Kolloide sowie die Sorptionserscheinungen — alles mehr in allgemeinen Umrissen als auf Grund ausführlicher Versuchsbeschreibungen oder sonstiger experimenteller Einzelheiten, wenngleich natürlich Hinweise auf bestimmte Versuche nicht fehlen. Einen sehr zweckmäßigen Abschluß bildet ein Überblick über die vielseitigen Anwendungen der Kolloidchemie in Wissenschaft und Technik. Zur ersten Orientierung, besonders auch für Physiker, ist das Buch wohl geeignet. O.

**Qualitative Analyse auf präparativer Grundlage.** Von Dr. W. STRECKER, o. Prof. a. d. Univ. Marburg. 2. ergänzte und erweiterte Aufl. Mit 17 Fig. Berlin, Julius Springer, 1924. 205 S. Mk. 6,60.

Das hier (*ds. Zeitschr.* 27, 132) bereits angezeigte Buch ist in seiner neuen Auflage teils durch Zusätze, teils durch Auslassungen wissenschaftlich verbessert, ohne daß der Umfang wesentlich vergrößert wurde. Es bietet außer dem rein Analytischen noch eingehendere Erläuterungen zu den wichtigsten Gesetzen und Theorien. Auch die Unfallverhütung ist berücksichtigt, doch wäre bei der Sauerstoffdarstellung aus Kaliumchlorat die Angabe von Vorsichtsmaßregeln erwünscht gewesen, auch konnte die

wegen ihrer Gefahrlosigkeit in dieser Zeitschrift wiederholt empfohlene Darstellung aus Kaliumpermanganat wenigstens angedeutet werden, wenn auch mit dem Hinweis ihrer Verwendung ausschließlich für Unterrichtszwecke. Das Hauptkennzeichen des Buches ist aber die weitgehende Vorbereitung des eigentlichen Analysenganges durch Versuche des allgemeinen Unterrichtsganges, wobei das Herrichten einer bestimmten Versuchsanordnung technisch geübt wird. Es handelt sich also nicht nur, wie sonst meistens, um die Darstellung einiger mehr oder weniger komplizierter „Präparate“, sondern auch um einfachere Versuche und Operationen und Gerätschaftensstellungen, die doch einmal geübt sein wollen. Hier findet sich eine methodische Forderung, die seit langem seitens des chemischen Schulunterrichtes an den akademischen Unterricht gestellt wird, bis zu einem gewissen Grade erfüllt. Hierin liegt der große Wert des Buches für die Schulchemie, und es seien alle Vertreter derselben, trotz der traurigen Lage, in die der chemische Schulunterricht zur Zeit gebracht worden ist, eindringlich darauf hingewiesen. O. Ohmann.

**Einführung in die allgemeine Mineralogie.**  
Von Dr. FERD. VON WOLFF, Prof. a. d. Univ. Halle.  
(175. Bändchen von „Wissenschaft und Bildung“.)  
Mit 155 Abb. Leipzig. Quelle & Meyer 1922. 135 S.

Den Hauptteil bildet die Kristallographie unter anschaulicher Kennzeichnung der Kristallklassen und ihrer Verteilung auf die Kristallsysteme. Neben der Millerschen Bezeichnungsweise wird noch die Naumannsche mehrfach

verwendet. Auch die Kristallphysik findet eine ausgiebige, der Kürze des Ganzen entsprechende Behandlung, besonders hinsichtlich der Raumgitter, der Verwertung der Röntgenstrahlen und der ganzen Kristalloptik. Die Mineralchemie tritt dagegen stark zurück. Bei der Erwähnung der Schlagfiguren wäre eine Abbildung erwünscht; auf S. 112 findet sich, gelegentlich der Addition von  $\text{SiO}_2$ , einigemal ein unzulässiger Gebrauch in der Verwendung des Gleichheitszeichens. Zur ersten Einführung in das Gebiet ist das klar und anregend abgefaßte Buch sehr gut geeignet. Besonders seien die Physiker, die sich über die Aufstellung der 32 Kristallklassen orientieren wollen, darauf hingewiesen. O.

**Natur und Werkstoff.** Grundlehren der Physik, Chemie, Werk- und Betriebsstoffkunde für Fachschulen, insbesondere Eisenbahnschulen. Von Prof. TITZ, Breslau. Mit 37 Abb. und 2 Skizzen tafeln. Leipzig, B. G. Teubner, 1923. 121 S.

Das Buch gibt eine anschauliche, von durchgerechneten Beispielen ausgehende Darstellung der wichtigsten physikalischen Grundlehren. Der zweite chemische Teil ist methodisch weniger glücklich. Beim Schwefel-Eisen-Versuch werden wiederholt auf 7 Gwt. Eisen „3 Gwt. Schwefel“ (statt 4) verwendet; der Versuch „ein Stückchen Natriummetall“ im Probierglase aufsteigen zu lassen, hat wiederholt zu Unfällen geführt. Der dritte Teil „Werkstoff- und Betriebsstoffkunde“ bietet eine geschickte Übersicht über die Eigenschaften und die Verwendung der im Eisenbahnbetrieb auftretenden Stoffe. O.

### Korrespondenz.

## Friedrich Poske †.

Unseren Lesern müssen wir die traurige Mitteilung machen, daß der Herausgeber der Zeitschrift, der Geheime Studienrat Professor Dr. Friedrich Poske, mitten in der Arbeit zur Fertigstellung des vorliegenden Heftes vom Tode ereilt wurde. Einen harmonischen Abschluß seines Lebens bildete die Teilnahme an dem fünfzigjährigen Jubiläum des Askanischen Gymnasiums, der Anstalt, an der der Verewigte 43 Jahre lang gewirkt hatte; er konnte sowohl der Schulfeier wie auch dem Festkommers beiwohnen, in voller geistiger Frische und umgeben von der Liebe früherer Schüler. Nach froher Rückkehr erlitt er am frühen Morgen einen Schlaganfall und am nächsten Morgen, den 28. September 1925 früh 3 $\frac{1}{2}$  Uhr, entschlief er sanft und schmerzlos. Ein Bild seines außerordentlich reichen Wirkens wird im nächsten Heft der Zeitschrift gezeichnet werden.

Im Namen der Mitherausgeber  
O. Ohmann.

Die Verlagshandlung  
Julius Springer.

## Himmelserscheinungen im November und Dezember 1925.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerlich. Zeit Greenwich. 0h W. Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich.  
 Stundenzählung von 0h bis 24h. St. Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W. Z. + 1h.

W. Z.	November						Dezember						Jan. 1	
	0h	2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22		27
♃ {	AR	15h 27m	15.57	16.26	16.55	17.20	17.40	17.48	17.38	17.11	16.47	16.39	16.47	17.6
	D	-20,5 <sup>o</sup>	-22,5	-24,1	-25,2	-25,7	-25,5	-24,7	-23,2	-21,2	-19,6	-19,2	-19,9	-21,0
♀ {	AR	17h 35m	18.0	18.25	18.49	19.12	19.35	19.56	20.17	20.36	20.53	21.8	21.22	21.33
	D	-26,2 <sup>o</sup>	-26,4	-26,4	-26,1	-25,5	-24,7	-23,6	-22,4	-21,0	-19,4	-17,8	-16,1	-14,4
☉ {	AR	14h 27m	14.46	15.7	15.27	15.48	16.9	16.30	16.52	17.14	17.36	17.58	18.21	18.43
	D	-14,5 <sup>o</sup>	-16,1	-17,5	-18,8	-20,0	-21,0	-21,9	-22,5	-23,0	-23,3	-23,4	-23,4	-23,1
♂ {	AR	13h 24m	13.36	13.49	14.1	14.14	14.27	14.40	14.53	15.7	15.21	15.34	15.49	16.3
	D	-8,0 <sup>o</sup>	-9,3	-10,5	-11,7	-12,9	-14,0	-15,1	-16,1	-17,1	-18,1	-18,9	-19,8	-20,5
♃ {	AR	19h 14m		19.21		19.28		19.37		19.46		19.55		20.4
	D	-22,7 <sup>o</sup>		-22,5		-22,3		-22,0		-21,6		-21,3		-20,8
♃ {	AR	14h 57m				15.6				15.16				15.24
	D	-14,7 <sup>o</sup>				-15,3				-15,9				-16,4

Δ = Sternzeit für 0h Welt-Zeit; für östl. bzw. westl. Länge λ<sup>o</sup> v. Greenwich: ± λ · 0.657<sup>s</sup>.  
 Zeitgl. = Mittl. Z. - Wahre Z

Δ	2 h	3.	3.	3.	4.	4.	4.	5.	5.	5.	6.	6.	6.
	Zeitgl.	42m 59s	2.42	22.25	42.8	1.51	21.33	41.16	0.59	20.42	40.25	0.7	19.50
	-16m 22s	-16.18	-15.54	-15.8	-14.1	-12.34	-10.50	-8.49	-6.35	-4.12	-1.43	+0.46	+3.12

Breite von Berlin (52,5<sup>o</sup>). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. St. Z.

	6h 58m	7.7	7.15	7.24	7.33	7.41	7.48	7.56	8.1	8.6	8.9	8.11	8.11
⊙ Aufg.	16h 28m	16.20	16.13	16.5	15.59	15.53	15.50	15.47	15.46	15.46	15.48	15.51	15.56
⊙ Unterg.													

Breite von Berlin (52,5<sup>o</sup>). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. St. Z.

	17h 56m	21.43	2.7	8.23	13.7	15.3	17.42	22.40	9.33	12.29	14.25	18.17	
☾ Aufg.	8h 30m	13.6	15.11	17.18	22.36	3.48	9.30	12.35	14.13	17.46	(24.19)	5.13	9.44
☾ Unterg.													

Mondphasen	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
	W. Z.	Nov. 16.	6h 57.7m	Nov. 23.	2h 5.5m	Nov. 30.	8h 11.0m	Nov. 8.
	Dez. 15.	19h 4.9m	Dez. 22.	11h 8.4m	Dez. 30.	2h 1.4m	Dez. 8.	12h 10.7m

Verfinsterungen der Jupitertrabanten I, II, III, IV. E: Eintritt, A: Austritt. W. Z.

	I	II	III	IV			
Nov. 4.	16h 30.8m A	Nov. 27.	16h 44.6m A	Nov. 13.	16h 41.3m A	Dez. 3.	16h 8.7m A
" 11.	18h 25.9m A	Dez. 13.	15h 3.1m A	Dez. 15.	16h 32.4m A		

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin. Länge v. Stargard.

St. Z.	♃	♀ Abendstern	♂	♃	♃
Nov. 2.	—	Da 16.9h U 18.3h	A 5,3h Dm 5,9h	Da 17.5h U 20.4h	—
" 12.	—	Da 16.8h U 18.5h	A 5,1h Dm 6,2h	Da 17.2h U 19.9h	—
" 22.	—	Da 16.6h U 18.7h	A 4,9h Dm 6,5h	Da 17.0h U 19.4h	A 6,3h Dm 6,4h
Dez. 2.	—	Da 16.5h U 19.0h	A 4,7h Dm 6,8h	Da 16.9h U 18.9h	A 5,8h Dm 6,6h
" 12.	—	Da 16.4h U 19.2h	A 4,4h Dm 7,0h	Da 16.8h U 18.5h	A 5,2h Dm 6,7h
" 22.	A 6,3h Dm 7,4h	Da 16.3h U 19.4h	A 4,2h Dm 7,2h	Da 16.8h U 18.0h	A 4,6h Dm 6,8h
Jan. 1.	A 6,4h Dm 7,4h	Da 16.2h U 19.6h	A 4,0h Dm 7,2h	Da 16.9h U 17.5h	A 4,1h Dm 7,0h

A = Aufgang; U = Untergang; Da und Dm = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.  
 W. Z. Merkur in gr. östl. Elongation 22° 3', Nov. 22. 13h. Venus in gr. östl. Elongation 47° 17'  
 Nov. 28. 0h. Mars in Konjunktion mit dem Mond, Dez. 13. 9h. Merkur in gr. westl. Elongation  
 22° 36', Dez. 31. 9h.

Wintersolstitium: Dez. 22. 9h.

A. Weill

Für die Redaktion verantwortlich: Geh. Studienrat Professor Dr. F. Poske, Berlin-Dahlem.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsabteilung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ.-Druckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

Zusammenhang bringt. Ja, es erscheint dem Verfasser nicht zweifelhaft, daß sich Goethe in dieser Dichtung mit den Leistungen der theoretischen Physik künstlerisch auseinandersetzen wollte. In feinsinniger Weise sucht WIEN den Nachweis dafür zu erbringen. Vielen Stellen in Goethes Werken haftet ja noch heute der Reiz des Geheimnisvollen an, und es vermag das Verständnis für das Wesen des Genies nur zu fördern, wenn sich auch Nicht-Blöß-Literaturfachmänner an die Deutung dunkler Stellen mit so erfreulichem Erfolge heranmachen wie hier WIEN.

Des weiteren spürt Verf. den Ursachen für Goethes Gegnerschaft gegen die experimentelle Physik nach und beruft sich dabei viel auf die Maximen und Reflexionen aus dem Nachlaß des Dichters, während er sich im letzten Teil seiner Darlegungen vor allem mit dem zweiten Teil des Faust beschäftigt. Auch hier bringt uns WIEN eine Überraschung. Er sieht in den Gestalten der Mütter die abstrakten Ideen verkörpert, welche die Mathematik, die mathematische Physik und die Erkenntnistheorie anwenden. Ähnliche Deutungen haben ja früher schon andere Erklärer gebracht. Man sah in den Müttern das Sinnbild der Platonischen Ideen. Nachzulesen, wie nun WIEN seine Auslegung begründet, wird jedem Physiker, der seinen Faust kennt, Genuß bereiten.

Wie Wessely hält es WIEN für das Endergebnis aller physikalisch-philosophischen Weisheit im Goetheschen Sinne, daß „alles Vergängliche nur ein Gleichnis“ ist, daß die Wirklichkeit selbst uns ewig unbekannt bleiben wird, daß wir uns mit Hilfe unserer Verstandskräfte nur Bilder von ihr machen können; Bilder freilich, die mit den logischen Folgerungen aus unseren Theorien nicht in Widerspruch kommen dürfen.

Man wird WIENS Vortrag nicht ohne das beglückende Gefühl aus der Hand legen, im Alltag eine Feierstunde erlebt zu haben.

*Martin Gebhardt (Dresden).*

**Die industrielle Heizung.** Zur Einführung in das Studium der Metallurgie. Von H. LE CHATELIER. Deutsche Übersetzung von Dr. B. Finkelstein. Mit 96 Abb. Akad. Verlagsgesellschaft. Leipzig 1922. 418 S.

Die einleitenden Bemerkungen über das beste Verhältnis von Wissenschaft und Technik gehen mehr Frankreich an als uns, wo sich das richtige Gleichgewicht zwischen beiden seit langem eingestellt hat. Die ersten fünf Kapitel behandeln die Verbrennung und die Brennstoffe, klar und mit mathematischer Begründung. Es folgen „Azetylen- und Wassergas“, die eine vorzügliche Darstellung, auch mit Ausblicken auf die Unfallverhütung, erfahren, sowie „Leuchtgas“ und „das kohlenwasserstofffreie Generatorgas“ — die letztere zweckmäßige Benennung sollte sich unser Unterricht zunutze machen. Die beiden letzten Abschnitte sind, mit besonderer Ausführlichkeit und unterstützt durch instruktive Abbildungen, den feuerfesten Materialien und den Öfen gewidmet. In dem Abschnitt über die Grubenlampe vermißt man die Untersuchungen von

HABER. Die Übersetzung, etwas eng dem fremden Idiom folgend, darf vor französischen Titeln und Arbeiten nicht Halt machen. Das Buch ist eine willkommene Ergänzung der über denselben Gegenstand erschienenen deutschen Werke. Leider fehlt ein Sachregister.  
*O. Ohmann.*

### Grundzüge der anorganischen Chemie.

Ein kurzgefaßtes Hilfsbuch und Repetitorium für Studierende der Naturwissenschaften, Medizin und Pharmazie. Von Dr. phil. et ing. LUDWIG WOLF, Assistent am chem. Institut der Univ. Berlin. Mit 7 Abbildungen. Leipzig u. Wien, F. Deuticke, 1924. 231 S. Mk. 7.

Das Buch behandelt die einzelnen chemischen Elemente in der üblichen systematischen Anordnung und nach dem Schema: Vorkommen, Darstellung, Eigenschaften, Verwendung. Der Inhalt ist nicht frei von Ungenauigkeiten. So wird das Gewicht des Wasserstoffs, eine immerhin fundamentale Größe, für „1 cm<sup>3</sup>“ zu „0,0001257 g“ angegeben. Als Beispiel dafür, wie Wärmetönungen auszudrücken sind, wird gewählt die so schwer gelingende Vereinigung von „Hg + O = Hg + 21500 cal“, während zwei Zeilen weiter für denselben Vorgang und dieselben Mengen „30600 cal“ angegeben sind (S. 11); abgesehen davon ist das Beispiel insofern didaktisch verfehlt, als es sich nicht um einen klar und einfach verlaufenden Vorgang handelt, sondern um einen solchen, bei dem die rückläufige Reaktion schon bei etwa 400° einsetzt. Desgleichen sind die in der Tabelle S. 96 für acht Elemente (Eisen bis Wasserstoff) angegebenen Verbrennungswärmen alle falsch, da sie sich auf „1 kg“ beziehen sollen, von dem eine Zeile vorher ausdrücklich die Rede ist; z. B. soll „1 kg Kohlenstoff“ „8100 cal“ liefern. Andererseits sind die technischen Anwendungen gut herausgearbeitet, auch die vielfach herangezogenen Konstitutionsformeln sehr nützlich, so daß das Buch als Repetitorium für Mediziner und Pharmazeuten wohl genügen mag. Für Studienzwecke, die sich auf den chemischen Unterricht beziehen, ist das fast nur Text enthaltende Buch wenig geeignet.  
*O.*

**Theorien der organischen Chemie.** Von FERDINAND HENRICH. 5., weitgehend umgearbeitete Auflage. Mit 29 Abbildungen. Braunschweig, Vieweg & Sohn A. G., 1924. VIII und 515 S. Mk. 17.50; geb. Mk. 19.50.

Das Buch, dessen Voraufgaben sämtlich hier besprochen wurden, sucht dauernd der lebhaft fortschreitenden Entwicklung gerecht zu werden. Daher erklären sich sowohl die erheblichen Umarbeitungen in den Abschnitten „Weitere Ansichten über die Natur der Valenz, Benzolfragen, Physikalisch-chemische Einflüsse, freie organische Radikale, Farbe und chemische Konstitution“, wie auch die Neuaufnahme der beiden Kapitel „Die Theorie der sog. Affinitätsbeanspruchung oder Valenzbeanspruchung, Theorien der Biochemie“. Besonders anziehend wirkt das Buch durch seinen geschichtlichen Aufbau, indem es

das Wachsen der theoretischen Einsichten durch das ganze vorige Jahrhundert verfolgt und bis zu den neuesten Forschungen von WERNER, STARK, KOSSEL, FAJANS, HANTZSCH u. v. a. vordringt. Das erwähnte biochemische Kapitel behandelt die Enzyme, die Assimilation der Kohlensäure, die Verdauung des Menschen, die Gärung und die Theorie der Dehydrierung, nach den Forschungen von WILLSTÄTTER, THUNBERG, NOACK, BUCHNER, NEUBERG, WIELAND; es bietet besonders dem Biologen eine Fülle von Anregungen. Die Anschaffung des Buches ist allen zu empfehlen, die mit der organischen Chemie, sei es auch nur didaktisch, zu tun haben. *O. Ohmann.*

**Lautsprecher.** Von EUGEN NESPER. (Bibl. des Radio-Amateurs, Band 20.) Mit 159 Textabbildungen. (145 S.) Berlin, Julius Springer. RM. 3.30; geb. RM. 4.20.

Das in der Bibliothek des Radioamateurs erschienene Buch behandelt zunächst die akustischen und elektrischen Bedingungen physikalischer Natur, denen ein guter Lautsprecher zu genügen hat, und bringt dann in der Folge eine große Anzahl der heute vorhandenen Typen zur Besprechung, denen häufig eine Abbildung beigegeben ist. Endlich finden die zum Betriebe des Lautsprechers notwendigen Verstärkeranordnungen eine schaltungsmäßige Darstellung. Es muß sicherlich dem Verfasser gedankt werden, wenn er es wagt, erstmalig in geschlossener Form eine Apparategattung zu beschreiben, deren Nutzen heiß umstritten ist und von der man wohl mit Zuversicht behaupten kann, daß „noch alles im Fluß ist“. Es ist ihm zweifellos geglückt, ein Bild von der immensen Arbeit zu entwerfen, die bereits geleistet ist. Es ist ihm auch darin beizupflichten, wenn er sagt, daß ein befriedigendes Resultat bis heute nicht erreicht wurde, zumal was die Wiedergabe in großen Räumen anbetrifft. Wenn er aber schreibt: „Es ist zu erwarten, daß durch ein weiteres Ausbauen der Theorie, vor allem aber auf Grund der systematisch zusammengetragenen Erfahrungen, es möglich sein wird, Zimmerlautsprecher auch für das große Publikum allgemein zu bauen, welche sowohl Sprache als auch Musik einwandfrei wiederzugeben gestatten“, so möchte ich darauf folgendes erwidern: Es gibt heute schon Lautsprecher, die in einem normalen großen Zimmer erheblichen Anforderungen durchaus gerecht werden und bei völlig genügender Lautstärke einen künstlerischen Genuß verschaffen können. Wenn diese Tatsache so wenig bekannt ist, so liegt das m. E. an dem Fehlen geeigneter Verstärker, deren Bau durchaus möglich ist, jedoch von der gesamten Industrie unbegreiflicherweise vernachlässigt wird. Man jagt zur Zeit kritiklos dem amerikanischen Vorbild nach, das man vielleicht am besten mit dem Schlagwort „Los vom Ortssender“ bezeichnen könnte, während doch sicherlich ein weit größerer Teil der Hörer mehr an den Darstellungen des Ortssenders interessiert ist. Ich möchte aus meiner eigenen Erfahrung mitteilen, daß ein vom Ortssender gut gesteuerter

Zimmerlautsprecher eine ganz vorzügliche Wiedergabe bringt, die mit einem Grammophon (um einen landläufigen Ausdruck zu gebrauchen) keine Ähnlichkeit mehr hat. Mit den im Handel befindlichen Verstärkern kann eine solche Wirkung allerdings nicht erreicht werden. Diese Fehlerquellen, die, wie ich glaube, zum Schaden der Allgemeinheit und der Fachindustrie heute bestehen, scheinen mir in dem Buche nicht ins gebührende Licht gerückt zu sein. Während man sich über derlei Dinge vielleicht streiten kann, da sie einer subjektiven Beurteilung unterworfen sind, ist rein objektiv auf eine Verwechslung physikalischer Begriffe hinzuweisen, die sich im ganzen Buche findet und leider auch in der breitesten Masse im Gebrauch ist, deswegen also nicht scharf genug verurteilt werden kann. Es ist zum Beispiel die Rede von „einer dem Lautsprecher zugeführten Energie von 2 Milliwatt“. Ein ganzes Kapitel ist überschrieben: „Motorlautsprecher für größere Energien“, ein anderer Abschnitt mit: „Kraftverstärkung“. In allen drei angeführten Fällen handelt es sich um Leistungen. Es wäre wünschenswert, wenn derartige grundlegende Begriffe richtig angewandt, und eine neue Auflage daraufhin einer gründlichen Durchsicht unterzogen würde. Schließlich hat nicht eine ganze Generation von Physikern und Ingenieuren an der peinlichen Aufstellung dieser Grundlagen gearbeitet, damit wir sie größtenteils vernachlässigen. Im übrigen enthält das Buch eine Sammlung von Einzelheiten und technischen Neuigkeiten, die es als durchaus lesenswert erscheinen lassen. *Dr. Friedrich Moeller.*

**Rätsel der Tiefe.** Die Entschleierung der Kohle, des Erdöls und des Salzes. Von HANNS FISCHER. Mit 23 Abb. Leipzig, R. Voigtländer, 1923. 162 S. Mk. 4.—.

Eine ganz ungewohnte Lektüre! Weitgreifende Ideen, die Sternenwelt und zunächst unser ganzes Planetensystem umspannend. Zugrunde gelegt ist eine kosmische Eiszeithypothese, die „Weltelehre“ des Ingenieurs Hans Hörbiger. Mit Hochflutbergen, die sowohl kohlige Schwimstoffe wie auch mineralische Sinkstoffe mit sich führten und in das vereiste Gebiet brachten, wird die Bildung der Steinkohlenlager wie auch der Salzlager (als Absatz gefrierenden Meerwassers) ursächlich verknüpft. Kühne Gedankengänge, die vielleicht wie Phantastereien erscheinen; sie verdienen aber ernste Beachtung. Haben doch auch einzelne namhafte Astronomen sich bereits ihnen zugewendet. Wie soll sich die Schule zu der neuen Lehre verhalten? Wir können einstweilen nur zur Vorsicht mahnen und auf das stark Hypothetische der Grundanschauungen (Annäherungen) hinweisen, müssen aber zugeben, daß diese die Bildung der hundert- und tausendfach übereinander lagernden Kohlen-schichten besser zu deuten vermögen als die recht unbefriedigende Lyellsche Erklärung mittels immer wiederholter Hebungen und Senkungen. Die Darstellung ist von edler Begeisterung getragen. Man lese und urteile selbst. *O. Ohmann.*

## Vereine und Versammlungen.

### Wiener Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts.

Vereinsjahr 1924/25.

#### a) Sitzungen.

11. Oktober 1924: Professor Dr. LEOPOLD STERNHAGEN, Bericht über den Innsbrucker Naturforschertag.

24. Oktober 1924: Bürgerschullehrer LEOPOLD WALDHERR, Optische Schulversuche mit Hilfe eines Rauchkastens.

8. November 1924: Ing. AUGUST WINTER, Direktionsrat der Wiener städt. Straßenbahnen, Die Wiener elektrische Straßenbahn.

19. November 1924: Dozent EWALD SCHILD, Die Mikroprojektion, ihre Technik und Anwendung im Unterricht.

29. November 1924: Prof. Dr. KARL IPPISCH, Zur Polarität elektrolytischer Zersetzungszellen.

6. Dezember 1924: Hochschul-Prof., Hofrat Dr. HEINRICH MACHE, Neue Versuche aus Mechanik und Wellenlehre.

20. Dezember 1924: Prof. Dr. JOSEF KLING, Die Bohrsche Theorie des Wasserstoffspektrums.

17. Jänner 1925: Prof. Dr. RUDOLF BERANEK, Schulversuche mit licht- und wärmeempfindlichen Stoffen.

31. Jänner 1925: Univ.-Prof. Hofrat Dr. KARL ROSENBERG, Versuche mit verbesserten Gabel-  
elektroskopen.

21. Feber 1925: Ministerialrat Dr. Ing. ARTUR HRUSCHKA, Die Elektrifizierung der Bundesbahnen, 2. Teil, Die Leitungsanlagen und Lokomotiven.

7. März 1925: Prof. Dr. LEOPOLD STERNHAGEN, Versuche mit Aluminium.

21. März 1925: Dr. JOSEF N. DÖRR, Sekretär der österreichischen Reichs-Wetter- und Erdbebenwarte, Über Erdbeben und Erdbebenapparate mit besonderer Berücksichtigung der jüngsten Beben in Japan und Österreich.

4. April 1925: Kraus-Feier zur Erinnerung an die verstorbenen Gründer des Vereins,

KONRAD KRAUS und Dr. ISIDOR KRAUS. Vorführung von Schulversuchen und neuen Apparaten durch die Vereinsmitglieder Bürgerschullehrer GUSTAV GRÜNEIS, PAUL KOLLER und JOHANN TEXEL, die Direktoren HANS KELLERMANN und FRANZ MOLLIK und Prof. KARL MÜLLNER. Gedenkrede von Schulrat JOSEF DEISINGER.

18. April 1925: Prof. HEINRICH PABISCH, Das Gärungsproblem im Lichte neuerer Forschung.

9. Mai 1925: Universitäts-Assistentin Fr. Dr. FRANZISKA SEIDL, Der Kristall als Schwingungserzeuger.

23. Mai 1925: Prof. Dr. KARL IPPISCH, Widerstandsmessungen am Kontaktdetektor mit dem Differentialgalvanoskope.

10. Juni 1925: Prof. Dr. RUDOLF SCHMID, Diffusion und Osmose, osmotisches Wachstum.

12. Juni 1925: Prof. HEINRICH PABISCH, Die moderne Brotbereitung.

#### b) Besichtigungen.

14.—15. November 1924: Ybbstal-Kraftwerke der Gemeinde Wien.

8. Dezember 1924: Zuckerfabrik in Bruck a. d. Leitha.

17. Jänner 1925: Neue physikalische Anlagen des Bundesgymnasiums Wien 6.

21. April 1925: Wiener Porzellanfabrik Augarten.

24. April 1925: Optische Werke der Firma C. Zeiß.

25. April 1925: Bundeslehranstalt für Wein- und Obstbau und Laboratorium für Hefe-Reinzucht in Klosterneuburg.

6. Mai 1925: Sauerstoff- usw.-Werke von Krükl & Hansmann in Schwechat.

20.—21. Mai 1925: Stahlwerke Kapfenberg der Gebr. Böhler & Co., A.-G.

13. Juni 1925: Hammerbrotwerke in Schwechat.

Vereinsanschrift: Professor KARL MÜLLNER, Wien 4, Schelleingasse 39/10.

## Korrespondenz.

Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die 28. Hauptversammlung wird vom 5. bis 9. April 1926 in Dresden stattfinden. Für die Hauptsitzungen sind Verhandlungen über den „kulturkundlichen Gehalt der mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer“, über „Hochschule und höhere Schule“ und über „Reifeprüfung und unsere Fächer“ in Aussicht genommen. Die Eröffnungssitzung soll zu einer Gedächtnisfeier für FELIX KLEIN und FRIEDRICH POSKE ausgestaltet werden. Die Veröffentlichung der genauen Tagesordnung wird rechtzeitig in

den „Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften“ erfolgen.

Den Lesern unserer Zeitschrift geben wir bekannt, daß Herr Ministerialrat Professor Dr. Karl Metzner in Berlin die Schriftleitung übernommen hat. An der Herausgabe ist die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht beteiligt.

Die Verlagshandlung  
Julius Springer.

## Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1926.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerlich. Zeit Greenwich. 0h W. Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich.  
 Stundenzählung von 0h bis 24h. St. Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W. Z. + 1h.

W. Z. 0h	Januar							Februar					März 2	
	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25		
♄ {	AR	17h 6m	17.30	17.58	18.29	19.1	19.34	20.7	20.42	21.16	21.51	22.26	23.0	23.34
	D	-21,0°	-22,2	-23,1	-23,5	-23,6	-23,1	-22,0	-20,3	-18,1	-15,2	-11,7	-7,7	-3,4
♀ {	AR	21h 33m	21.42	21.47	21.49	21.47	21.41	21.31	21.19	21.6	20.55	20.48	20.43	20.44
	D	-14,4°	-12,8	-11,3	-9,9	-8,8	-8,0	-7,6	-7,7	-8,0	-8,7	-9,4	-10,2	-10,8
☉ {	AR	18h 43m	19.5	19.27	19.48	20.10	20.31	20.51	21.12	21.32	21.51	22.11	22.30	22.49
	D	-23,1°	-22,6	-22,0	-21,1	-20,1	-19,0	-17,6	-16,2	-14,7	-13,0	-11,3	-9,4	-7,6
♂ {	AR	16h 3m	16.17	16.32	16.47	17.2	17.17	17.32	17.47	18.3	18.18	18.34	18.49	19.5
	D	-20,5°	-21,2	-21,8	-22,4	-22,8	-23,2	-23,5	-23,6	-23,7	-23,7	-23,7	-23,5	-23,2
♃ {	AR	20h 4m		20.14		20.24		20.33		20.43		20.53		21.2
	D	-20,8°		-20,3		-19,8		-19,3		-18,7		-18,1		-17,5
♁ {	AR	15h 24m				15.31				15.35				15.37
	D	-16,4°				-16,8				-17,0				-17,1

$\Delta$  = Sternzeit für 0h Welt-Zeit; für östl. bzw. westl. Länge  $\lambda^\circ$  v. Greenwich:  $\mp \lambda \cdot 0.657^s$ .  
 Zeitgl. = Mittl. Z. - Wahre Z.

Zeitgl.	6h 39m 33s	6.	7.	7.	7.	8.	8.	8.	9.	9.	9.	9.	10.
		+3m 12s	+5.31	+7.39	+9.33	+11.11	+12.29	+13.26	+14.4	+14.22	+14.20	+14.0	+13.22

Breite von Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. St. Z.

	8h 11m	8.10	8.7	8.3	7.58	7.51	7.44	7.36	7.27	7.17	7.7	6.56	6.45
☉ Aufg.	15h 57m	16.3	16.9	16.17	16.26	16.35	16.44	16.53	17.3	17.13	17.22	17.31	17.41
☉ Unterg.													

Breite von Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. St. Z.

	18h 17m	23.47	4.43	9.37	11.37	14.19	19.21	(25.6)	5.52	8.55	10.58	15.2	20.35
☾ Aufg.	9h 44m	11.41	13.42	19.20	0.40	6.13	9.8	10.44	14.6	21.1	2.4	6.20	8.11
☾ Unterg.													

Mondphasen W. Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		Jan. 14.	6h 34.7m	Jan. 20.	22h 30.8m	Jan. 28.	21h 35.3m	Febr. 5.
	Febr. 12.	17h 20.4m	Febr. 19.	12h 35.8m	Febr. 27.	16h 50.8m	Febr. 5.	23h 25.1m

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin. Länge v. Stargard.

St. Z.	♀	♀ Abendstern	♂	♃	♁
Jan. 1.	A 6,4h D <sub>m</sub> 7,4h	D <sub>a</sub> 16,2h U 19,6h	A 5,3h D <sub>m</sub> 7,2h	D <sub>a</sub> 16,9h U 17,5h	A 4,1h D <sub>m</sub> 7,0h
„ 11.	A 6,8h D <sub>m</sub> 7,3h	D <sub>a</sub> 16,5h U 19,5h	A 5,2h D <sub>m</sub> 7,0h	(D <sub>a</sub> 17,0h)	A 3,5h D <sub>m</sub> 6,9h
„ 21.	(7,3h)	D <sub>a</sub> 16,8h U 19,0h	A 5,1h D <sub>m</sub> 6,8h	—	A 2,9h D <sub>m</sub> 6,8h
„ 31.	—	D <sub>a</sub> 17,2h U 18,2h	A 4,9h D <sub>m</sub> 6,5h	—	A 2,3h D <sub>m</sub> 6,5h
Febr. 10.	—	(6,8h)	A 4,8h D <sub>m</sub> 6,3h	—	A 1,7h D <sub>m</sub> 6,2h
„ 20.	—	A 5,6h D <sub>m</sub> 6,7h	A 4,7h D <sub>m</sub> 6,0h	—	A 1,1h D <sub>m</sub> 5,9h
März 2.	D <sub>a</sub> 18,5h U 18,8h	A 5,0h D <sub>m</sub> 6,3h	A 4,6h D <sub>m</sub> 5,8h	—	A 0,5h D <sub>m</sub> 5,6h

A = Aufgang; U = Untergang; D<sub>a</sub> und D<sub>m</sub> = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. Venus in gr. Glanz, Jan. 2. 21h. Mars in Konjunktion mit dem Mond, Jan. 11. 7h.

A. Weill

