

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XVI. Jahrgang.

Zweites Heft.

März 1903.

Die Kraftübertragung durch den Flaschenzug unter Berücksichtigung der Reibung.

Von

Dr. E. Grimsehl in Hamburg.

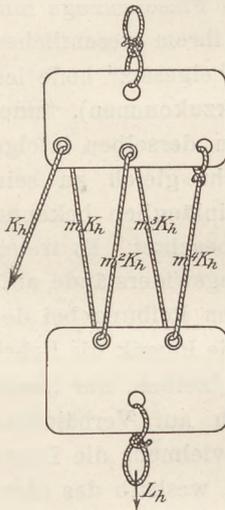
Im vorigen Jahrgange dieser Zeitschrift (S. 138) habe ich auf die Unzulänglichkeit der landläufigen Erklärung der Vorgänge bei der Rolle und dem Flaschenzuge hingewiesen. In der Erwiderung von Herrn F. REULEAUX, welche in ihrem wesentlichen Teile eine volle Bestätigung meiner Ansicht enthält (auf das „Hebelgesetz“ hoffe ich demnächst und zwar durchaus im REULEAUXSchen Sinne zurückzukommen), findet sich u. a. die Bemerkung, daß bei einer Rolle auf beiden Seiten derselben infolge der auftretenden Reibungswiderstände die Zugspannungen nicht gleich zu sein brauchen, um Gleichgewicht zu erzielen. Diese Tatsache ist hinlänglich bekannt, wird aber im Schulunterricht gar zu wenig, vielleicht garnicht beachtet. Es treten bei jeder durch eine Maschine bewirkten Kraftübertragung Reibungswiderstände auf; trotzdem werden diese Widerstände, mit Ausnahme der gleitenden Reibung bei der „Schiefebene“, im Schulunterricht einfach vernachlässigt. Wenn die Physik die Lehre von den Naturerscheinungen sein soll, darf sie nicht dabei stehen bleiben, nur ideale Vorrichtungen zu beschreiben und Gesetze abzuleiten, die sich auf Verhältnisse beziehen, denen der Boden der realen Existenz fehlt. Sie muß vielmehr die Dinge möglichst so behandeln, wie sie uns die Natur liefert. Der Grund, weshalb das nicht geschieht, liegt, abgesehen von der Gewohnheit, darin, daß entweder die Behandlung der ungefälschten Naturerscheinungen vielfache Schwierigkeiten bietet, teilweise aber auch darin, daß man selten ernstlich den Versuch gemacht hat, vermeintliche Schwierigkeiten zu überwinden.

Bei der „Seilmaschine“ sind die Verhältnisse so außerordentlich einfach, die Berücksichtigung der Reibung ist so leicht und die berechneten Werte stimmen so tadellos mit den wirklichen Verhältnissen überein, wenn man die Reibung berücksichtigt, daß ich hoffe, einen nicht ganz wertlosen Beitrag zur Schulphysik zu liefern, wenn ich die Berechnung der Kraftübertragung durch die Seilmaschine unter Berücksichtigung der Reibung hier mitteile.

Wenn man ein Seil über eine Gleitvorrichtung (z. B. Rolle oder Porzellanring) führt und dann an beiden Enden des Seiles Kräfte wirken läßt, so muß auf der einen Seite des Seiles die Kraft um einen namhaften Betrag größer sein, als die Kraft (Last) auf der anderen Seite, wenn die Kraft die Last heben soll. Die Differenz der Kräfte auf beiden Seiten wächst mit der Größe der wirkenden Kräfte. Versuche, die bei derselben Gleitvorrichtung und bei demselben Seil, aber mit Kräften verschiedener Größe ausgeführt werden, zeigen, daß der Quotient aus Kraft und Last konstant ist. Dieser Quotient (m) hängt von der Art des benutzten Seiles und von der Art der Gleitvorrichtung ab. Als Beispiele seien erwähnt: Bei einem Hanfseil von 6 mm Durchmesser, das über einen glatten Eisenstab von 10 mm Durchmesser

gehängt und dann auf beiden Seiten so lange mit Gewichten belastet wurde, bis eine gleichmäßige Bewegung des Seiles in der Richtung der stärker ziehenden Kraft eintrat, mußte die kleinere Kraft (Last) gerade halb so groß sein, wie die größere. Dieses Verhältnis blieb konstant innerhalb der Grenzen von 200 g bis 20 kg. Als eine Rolle als Gleitvorrichtung benutzt wurde, stellte sich das Verhältnis 9:10, bei einer anderen Rolle das Verhältnis 28:29 heraus. Das Verhältnis nähert sich umsomehr der Einheit, je geringer die durch die Achsenreibung der Rolle und durch den Biegungswiderstand des Seiles hervorgerufene Reibung ist. In jedem einzelnen Falle war das Verhältnis innerhalb der bei der Beobachtung überhaupt in Frage kommenden Grenzen konstant und unabhängig von der Größe der wirkenden Kräfte.

Es ist nun lehrreich, zu untersuchen, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn man mehrere Rollen oder mehrere Porzellanringe oder dergl. mit Hilfe eines Seiles zu einem „gemeinen Flaschenzuge“ kombiniert.



Das eine Ende des Seiles ist an einem Brett festgebunden, und dann ist das Seil abwechselnd durch ein Loch im unteren und oberen Brett geführt. An dem freien Ende des Seiles wirkt eine Kraft K , welche die an dem unteren Brett (der unteren Flasche) angehängte Last L_h heben soll. Die Löcher in den beiden Brettern seien wohl ausgerundet, sie vertreten die Rollen eines gemeinen Flaschenzuges.

Wirkt an dem freien Ende des Seiles die Kraft K_h , so bewirkt dieselbe in dem Augenblicke, wo die Last gehoben wird, eine Spannung $m K_h$, wenn m der Reibungsfaktor einer einzelnen Gleitvorrichtung (also in obigen drei Beispielen: $\frac{1}{2}$, $\frac{9}{10}$, $\frac{28}{29}$) ist. Diese Spannung $m K_h$ wird auf das nächste Seil übertragen, aber infolge der durch das Loch im unteren Brette verursachten Reibung nur so, daß das nächste Seil die Spannung $m^2 K_h$ erhält. In derselben Weise wird die Spannung auf das dritte Seil in der Größe $m^3 K_h$, auf das vierte in der Größe $m^4 K_h$ übertragen. Würde ein n seiliger Flaschenzug vorhanden sein, so betrüge die Spannung des n ten Seiles $m^n K_h$. Die Gesamtwirkung sämtlicher Spannungen ist die Hebung der Last L_h . Hieraus ergibt sich als Bedingungsgleichung für die Hebung der Last

$$L_h = m K_h + m^2 K_h + m^3 K_h + \dots + m^n K_h = m \cdot \frac{1 - m^n}{1 - m} \cdot K_h \dots \dots \dots 1)$$

Soll die Last L_s so groß sein, daß eine Abwärtsbewegung, also Senkung der Last eintreten soll, so tritt erst dann eine Bewegung der Seile und damit des ganzen Flaschenzuges ein, wenn die Spannung der Seile auf der rechten Seite der Figur größer ist als die auf der linken Seite. Die Spannungen betragen jetzt von links nach rechts gelesen

$$\frac{K_s}{m}, \frac{K_s}{m^2}, \frac{K_s}{m^3} \dots \dots \frac{K_s}{m^n}$$

Hieraus folgt als Bedingung für das beginnende Sinken der Last

$$L_s = \frac{K_s}{m} + \frac{K_s}{m^2} + \frac{K_s}{m^3} + \dots + \frac{K_s}{m^n}$$

$$L_s = \frac{1}{m^n} \cdot \frac{1 - m^n}{1 - m} K_s \dots \dots \dots 2)$$

Für den Fall, daß dieselbe Last L zuerst durch eine Kraft K_h gehoben und dann durch die Kraft K_s gesenkt werden soll, ergibt sich durch Gleichsetzung der beiden Werte von L aus Gleichung 1) und 2)

$$K_h \cdot m \cdot \frac{1 - m^n}{1 - m} = K_s \cdot \frac{1}{m^n} \cdot \frac{1 - m^n}{1 - m}$$

der Quotient

$$\frac{K_s}{K_h} = m^{n+1} \dots \dots \dots 3)$$

Diese Gleichung bietet ein bequemes Mittel dar, das Reibungsverhältnis m durch einfache Versuche zu bestimmen. Man beobachtet zuerst, welche Kraft K_h eine beginnende Hebung einer beliebigen Last verursacht und vermindert dann die Kraft bis auf die Größe K_s , bei der die Last zu sinken beginnt. Es ist dann

$$m = \sqrt[n+1]{\frac{K_s}{K_h}},$$

wo n die Anzahl der Seile ist.

Beispiele: 1) $n = 4$ Eisenringe werden zur Zusammensetzung eines gemeinen Flaschenzuges benutzt. Durch einen Versuch mit einem Eisenringe ist der Wert $m = 1/2$ ermittelt. Es ergibt sich

$$L_h = \frac{15}{16} K_h, \quad L_s = 30 K_s, \quad K_s : K_h = 1 : 32.$$

2) $n = 4$ Rollen, bei denen durch Vorversuche $m = 9/10$ bestimmt wurde, werden zur Zusammenstellung eines Flaschenzuges benutzt

$$L_h = 3,10 K_h, \quad L_s = 5,24 K_s, \quad K_s : K_h = 0,59.$$

3) $n = 4, m = 28/29$

$$L_h = 3,67 K_h, \quad L_s = 4,37 K_s, \quad K_s : K_h = 0,84.$$

4) $n = 4, m = 0,99$

$$L_h = 3,91 K_h, \quad L_s = 4,01 K_s, \quad K_s : K_h = 0,95.$$

5) $n = 10, m = 0,99$

$$L_h = 9,45 K_h, \quad L_s = 10,56 K_s, \quad K_s : K_h = 0,895.$$

Aus den Beispielen 1) bis 4) sieht man, wie mit Verminderung der Reibung sich das Verhältnis $L : K$ immer mehr dem idealen Verhältnisse 4 : 1 nähert. Es ist aber $L_h : K_h$ immer kleiner und $L_s : K_s$ immer größer als dasjenige beim reibungslosen Flaschenzuge.

Aus den Beispielen 4) und 5) ist zu erkennen, wie bei demselben Reibungsquotienten m die Abweichung der realen Verhältnisse von dem reibungslos angenommenen Flaschenzuge mit der Anzahl der Seile wächst.

Erwähnenswert erscheint noch der aus dem ersten Beispiele hervorgehende große Wert von L_s . Aus demselben gewinnt man ein Urteil darüber, mit welcher großer Kraft zwei Körper zusammengehalten werden, wenn man sie mit einem Seile viermal umschlingt und wenn man das freie Ende des Seiles mit einer mäßigen Kraft festhält.

Zum Schlusse bemerke ich noch, daß die mit Hilfe der entwickelten Formeln berechneten Werte durch vielfache praktische Versuche bestätigt sind. Auch bei den von den Schülern bei ihren praktischen Übungen gemachten Beobachtungen, bei

denen entweder der Reibungsquotient m aus Versuchen mit einzelnen Seilen oder mit Hilfe der Gleichung 3) bestimmt war, wichen die beobachteten Werte von den berechneten um nicht mehr als 2% ab. Dabei wurden Flaschenzüge benutzt, die aus einer Eisenwarenhandlung für wenig Geld gekauft waren, also Flaschenzüge, die dem realen Leben unmittelbar entnommen waren. Gerade hierin scheint mir die Wichtigkeit der obigen Betrachtung zu liegen, da der Schüler durch eigene Beobachtung sieht, daß die Physikstunden einer unmittelbaren Anwendung fähig sind.

Apparat zur Demonstration der Übereinanderlagerung zweier gleichgerichteter Wellen.

Von

Dr. W. Elsässer in Charlottenburg.

Um die Zusammensetzung von Wellen zu zeigen, die in derselben Richtung fortschreiten, benutzt man gewöhnlich 2 kräftige Stimmgabeln, von denen die eine mit einer Schreibspitze, die andere mit einer beruhten Glasplatte versehen ist. Bringt man eine der Gabeln zum Tönen, so verzeichnet die Schreibspitze auf der Glasplatte die der tönenden Gabel zukommende Wellenkurve. Schwingen dagegen beide Gabeln, so erhält man eine Schwingungskurve, die durch Superposition der beiden ursprünglichen Wellenlinien entsteht. Der Apparat hat den Vorzug der Einfachheit, gestattet aber weder den Einfluß der Phasendifferenz zu zeigen, noch läßt sich das Amplitudenverhältnis beliebig variieren, auch sind die erhaltenen Wellenkurven wegen der geringen Amplitude wenig zu unmittelbarer Demonstration vor größerem Zuhörerkreise geeignet. Die folgende Einrichtung soll den erwähnten Faktoren Rechnung tragen, ohne hierdurch zu kompliziert auszufallen.

Ein etwa 60 cm langes Metallpendel ruht mittelst einer scharfen Schneide auf einem Stahlager, das horizontal an dem oberen Querbalken eines viereckigen Holzrahmens befestigt ist (Fig. 1a). Um beim Schwingen ein ausreichendes Trägheitsmoment zu erzielen, ist die

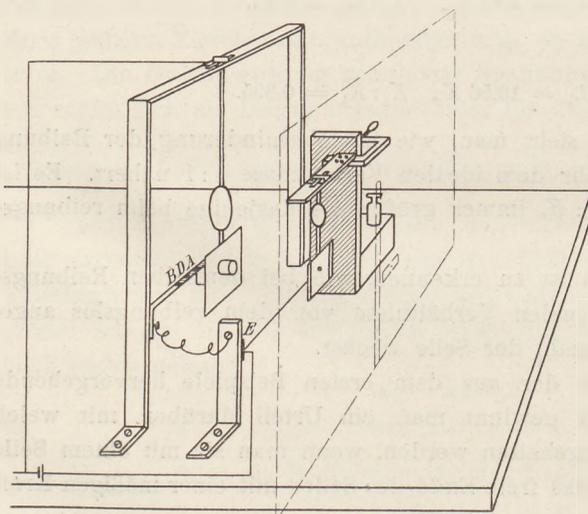


Fig. 1 a.

Pendelstange mit einer verschiebbaren kräftigen Bleilinde versehen. Das untere Ende der Pendelstange trägt ein quadratisches dünnes Holzbrettchen, dessen Ebene in die Schwingungsebene des Pendels eingestellt wird. Aus der Mitte des Brettchens hat man ein kreisförmiges Stück von 2 cm Durchmesser ausgeschnitten und in die Öffnung ein kurzes horizontales Rohrstück eingesetzt. In das Rohr paßt eine kleine Sammellinse von kurzer Brennweite, die man so anbringt,

daß der Brennpunkt in der Pendelebene liegt. Läßt man in der Richtung der Rohrachse ein horizontales Strahlenbündel auf die Linse fallen, so breitet sich auf der

anderen Seite nach der Konzentration ein Lichtkegel aus, dessen Spitze der Brennpunkt ist. Dieser Lichtpunkt schwingt dann mit der Periode, welche der Länge des Pendels entspricht.

Nun wird ein zweites Pendel so aufgestellt, daß seine Schwingungsebene der des ersten parallel ist. Es trägt, der Sammellinse gerade gegenüber, einen dünnen Blechstreifen von etwa 8 cm Länge und Breite, in dessen Mitte ein feines rundes Loch von Nähnadelbreite durchgebohrt ist. Die Durchlochung muß mit dem Brennpunkt der Linse in horizontaler Linie liegen. Hält man hinter das 2. Pendel parallel zur Schwingungsebene ein Papierblatt, so wird auf diesem bei schwingenden Pendeln eine gerade Schwingungslinie verzeichnet. Nimmt man dagegen an Stelle des Papierblattes eine photographische Platte und bewegt diese in vertikaler Richtung gleichmäßig weiter, so erhält man eine Wellenlinie, deren Form außer von der Bewegungsgeschwindigkeit von dem Periodenverhältnis der beiden Pendel, ihren Amplituden und der Phasendifferenz abhängig ist. Läßt man also nur das erste Pendel schwingen, so erhält man die ihm und seiner Amplitude entsprechende Wellenkurve, schwingt nur das zweite Pendel, so erscheint auf der bewegten Platte die Wellenlinie, welche sich aus der Schwingungszeit und Amplitude dieses Pendels ergibt, schwingen endlich beide Pendel, so beschreibt der Lichtpunkt auf der Platte die durch Superposition der beiden ersten Wellenzüge entstehende Kurve.

Es ist nun leicht zu erkennen, daß sich innerhalb gewisser Grenzen die Amplituden beliebig verändern lassen. Zunächst werden die Amplituden auf der Platte nicht immer gleich den wirklichen Pendelamplituden sein, dies wird vielmehr von der gegenseitigen Entfernung von Pendel und Platte abhängen. Es ist empfehlenswert, die Aufstellung so einzurichten, daß das 2. Pendel in der Mitte zwischen dem ersten und der Platte steht, genauer, daß die Durchlochung der Blechplatte gleichen Abstand hat von dem Brennpunkt der Sammellinse und der empfindlichen Schicht der Platte. Hierdurch erhält man auf der Platte gleiche Amplituden für das erste Pendel, dagegen erscheint die Amplitude des mittleren Pendels verdoppelt. Dies ist auch schon aus dem Grunde zu empfehlen, weil bei den anzustellenden Versuchen die Länge des ersten Pendels unverändert bleibt, bei dem anderen Pendel aber auch kürzere Längen in Betracht kommen. Hat man nun auch die Wahl der Amplitude in der Hand, so wird man doch, um den Isochronismus nicht zu stören, nicht über eine bestimmte kleine Größe hinausgehen. Liegt also beispielsweise die Sammellinse etwa 60 cm unter der Schneide, so wird man 3 cm als die Grenze ansehen, die für die Amplitude nicht überschritten werden darf. Für eine weitgehende Variation der Ausweichungen, die hier in horizontaler Richtung gerechnet werden müssen, bleibt hierbei immer noch Spielraum genug.

Unmittelbar vor der Platte wird, um alles fremde Licht abzuhalten, ein großes, dünnes Holzbrett vertikal aufgestellt (1 m lang und breit), in welchem ein schmaler Ausschnitt (6 cm breit und 2 cm hoch) sich befindet, gerade ausreichend, um dem durch die Durchlochung des Metallblechs gehenden Lichtstreifen ungehinderten Durchgang zu gestatten. Auf der den Pendeln abgewandten Seite des Holzbretts ist eine vertikale Leiste aufgesetzt, welche der Platte als Führung dient. Diese wird nun mit der Schichtseite fest an das Holzbrett angelegt und, nachdem die Glasseite mit schwarzem Papier abgedeckt ist, langsam und möglichst gleichmäßig mit der Hand in vertikaler Richtung bewegt. Auch eine Kassette kann zu diesem Zwecke benutzt werden, die nach dem Anlegen an das Holzbrett geöffnet und, nachdem die Kurve verzeichnet ist, wieder geschlossen wird.

Wie schon erwähnt, behält man bei allen Versuchen das erste Pendel in unveränderter Länge bei, das zweite Pendel wird bis zur gewünschten Schwingungszahl verkürzt. Geht das Periodenverhältnis über 1:3 hinaus, so empfiehlt es sich, an Stelle des Pendels eine kräftige Feder zu nehmen. Bei den kleinen Amplituden, die man benutzt und die für die Übereinanderlagerung besonderes Interesse haben, reichen die Schwingungsweiten, die man dann zur Verfügung hat, bequem für alle Fälle aus.

Auf etwaige durch die Schwingungen selbst hervorgerufene vertikale Verschiebungen des Lichtpunktes braucht keine Rücksicht genommen zu werden, da diese bei den geringen in Betracht kommenden Amplituden so klein sind, daß sie unbedenklich vernachlässigt werden können.

Man zieht nun durch einen Zwirnfaden, der an den Pendeln bzw. an der schwingenden Feder befestigt wird, bis zur gewünschten Amplitude auseinander und löst dann auf die später zu beschreibende Weise aus. Um eine bestimmte Phasendifferenz zu erhalten, verfährt man folgendermaßen:

Nachdem man eine bestimmte Amplitude für das erste Pendel gewählt hat, zeichnet man einen Kreis vom Durchmesser dieser Amplitude, teilt die Peripherie in so viel gleiche Teile, als man zur Herstellung der Phasendifferenz bedarf, und projiziert die Teilpunkte auf den Durchmesser. Beispielsweise erhält man bei einer

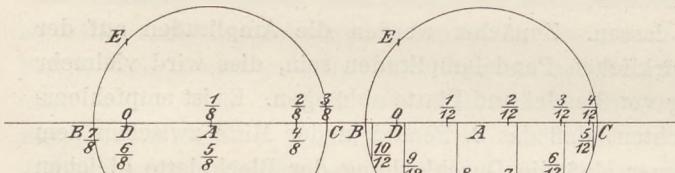


Fig. 1c.

Fig. 1b.

Teilung in 12 gleiche Teile auf diese Weise Phasendifferenzen, welche alle Zwölftel der ersten Periode umfassen. In Fig. 1b ist eine derartige Einteilung für die Amplitude 3 cm und das Schwingungsintervall 1:2 ausgeführt. A entspricht der Ruhelage des Pendels, B und C sind die Endpunkte der Amplitude. Man bestimme zunächst den Punkt D , der von B aus um ein halbes Periodenviertel entfernt liegt. Das in D auf dem Durchmesser errichtete Lot liefert den Kreispunkt E . Von diesem Punkt aus teilt man die Peripherie in 12 gleiche Teile und projiziert die Teilpunkte auf den Durchmesser BC . Dadurch erhält man die Punkte $0, \frac{1}{12}, \frac{2}{12}, \frac{3}{12} \dots$ Man zieht nun das erste Pendel von A bis B , das zweite bis zur festgesetzten Amplitude aus und klemmt die das Pendel haltenden Fäden fest. Löst man dann das erste Pendel durch Abbrennen des haltenden Fadens, das zweite auf andere Weise in dem Augenblick aus, wo das erste den Punkt 0 passiert, so werden beide Pendel gleichzeitig durch die Ruhelage gehen, also die Phasendifferenz 0 haben. Wird aber das zweite Pendel in dem Moment ausgelöst, wo das erste den Punkt $\frac{1}{12}, \frac{2}{12}, \frac{3}{12} \dots$ passiert, so ergibt sich eine Phasendifferenz von $\frac{1}{12}, \frac{2}{12} \dots$ der ersten Periode. In Fig. 1c ist eine eben solche Teilung in Achtel ausgeführt. Soll das Pendel von C zurückkommend den Kontakt herstellen, so wird es in C statt in B ausgelöst. Für jedes Intervall und jede Amplitude ist eine besondere Einteilung erforderlich, die jedoch ein für allemal vorgenommen werden kann.

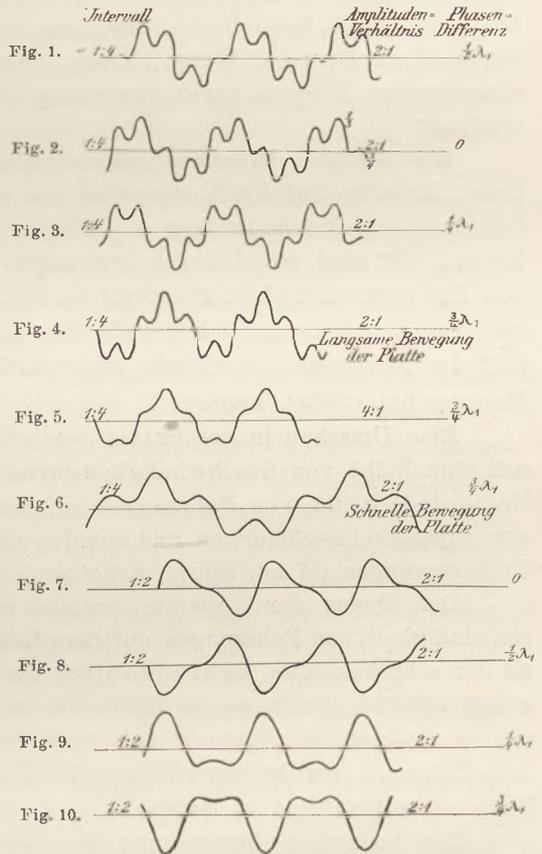
Es bleibt noch übrig, zu zeigen, wie die rechtzeitige Auslösung des zweiten Pendels bzw. der Feder bewirkt wird. Ein schmaler Metallblechstreifen, dessen Rand die oben angegebene Teilung der Amplitude BC enthält, wird horizontal an dem einen Seitenarm des das Pendel tragenden Rahmens festgeklemmt und so ein-

gestellt, daß die Vorderkante des Streifens etwa 2 cm vom ersten Pendel entfernt bleibt und in fast gleicher Höhe mit der Linse liegt, ohne den Durchgang des Lichtes dadurch abzusperren. Das Metallblech ist durch einen Leitungsdraht mit der einen Polklemme eines 3zelligem Akkumulators verbunden. Auf einen beliebigen Punkt der Teilung des Streifens kann quer gegen den Rand ein kurzes und dünnes (etwa 1 cm langes) Metallstäbchen gelegt werden, so, daß die Hälfte des Stäbchens über den Rand übersteht. Auf der zugewandten Seite des ersten Pendels geht von einem Punkte, der etwa 3 cm unterhalb der Lichtöffnung liegt, ein rechtwinklig gebogener Metalldraht aus, dessen einer Schenkel vertikal bis zur Linsenhöhe aufsteigt. Er springt soweit vor, daß zwischen ihm und dem Rande des Metallstreifens noch ein Zwischenraum von einigen mm übrig bleibt.

Er wird mit irgend einer Stelle des Metallpendels in leitende Verbindung gesetzt, während das Metallpendel selbst mit der zweiten Polklemme des Akkumulators verbunden wird. Wird also z. B. das Stäbchen auf den Teilpunkt $\frac{2}{12}$ gelegt und der Faden abgebrannt, so wird das zweite Pendel um $\frac{2}{12}$ der ersten Periode später ausgelöst. Die Auslösung dieses zweiten Pendels erfolgt durch einen Elektromagneten von geringer Selbstinduktion, der in den Stromkreis eingeschaltet ist (*E* Fig. 1 a). Den Anker desselben bildet ein schmales gut geglättetes Eisenplättchen, das durch sein Gewicht das Ende des zum zweiten Pendel gehörigen Fadens auf einer gleich großen Glasplatte festklemmt. Zwischen Anker und Magnetkern wird ein möglichst geringer Zwischenraum gelassen.

Vor Beginn der Versuche ist darauf zu achten, daß die beiden Pendel nach verschiedenen Seiten ausgezogen werden, weil durch die Durchlochung die Bewegungsrichtung des vom ersten Pendel herkommenden Lichtbündels umgekehrt wird. Zu den Versuchen eignet sich am besten Sonnenlicht, doch liefert auch parallel gemachtes elektrisches Bogenlicht und selbst Kalklicht brauchbare Resultate, obgleich im letzten Falle die Kurven bei weitem nicht so klar und deutlich ausfallen.

Man beginnt die Versuche am besten mit gleicher Periode und geht dann zu anderen Intervallen über. Als Beispiel ist in den Figuren 1 bis 10 das Intervall 1:4 und 1:2 gewählt bei 4 verschiedenen Phasendifferenzen. λ_1 bedeutet hier die der kürzeren Periode zukommende Wellenlänge. Fig. 4 und 5 zeigen den Einfluß der Amplitude bei sonst gleichen Verhältnissen, Fig. 4 und 6 den Einfluß der Bewegung auf die Wellenlänge.



Ein neuer Geschwindigkeitsmesser: Celmeter.

Ein Beitrag zur Demonstration der Bewegungsgesetze.

Von

Joh. Kleiber in München.

1. Die vorhandenen Apparate. Obwohl die Geschwindigkeit für einen bewegten Körper ein ausgezeichnetes, charakteristisches Merkmal ist, etwa so wie die Temperatur für den warmen Körper und die elektrische Spannung für den elektrisierten Körper, so weisen doch die physikalischen Sammlungen keinen Apparat auf, um solche Geschwindigkeiten eines bewegten Körpers in jedem Augenblick durch bloße Ablesung feststellen zu können, ähnlich wie man etwa gewohnt ist, Wärmegrade eines Körpers durch Ablesen eines Thermometers, Elektrizitätsgrade eines elektrisierten Körpers durch Benutzung eines nach Volt geeichten Elektrometers zu ermitteln.

Der direkten Geschwindigkeitsbestimmung begegnen wir in unserer gewöhnlichen Experimentalphysik eigentlich nur an einer Stelle, nämlich da, wo wir Gelegenheit nehmen, die Bedeutung des Ringes bei der Atwoodschen Fallmaschine zu erklären. Oft sind wir dagegen gezwungen von veränderlicher, von augenblicklicher, von Endgeschwindigkeit zu sprechen, und nicht wenige werden es mit mir mißlich empfunden haben, daß wir gerade den „Zustand des Körpers“, der sich in dem Begriff des Bewegtseins ausdrückt, nicht direkt in seinen graduellen Abstufungen einer Messung unterziehen können.

Eine Umschau in der Praxis, wo bekanntlich die Not erfinderisch macht, zeigt, daß eine Reihe von Geschwindigkeitsmessern bereits existiert. Sie dienen dazu, um Geschwindigkeiten von Fahrzeugen auf dem Land (Lokomotiven, Fahrrädern u. dgl.), von Flüssigkeitsströmungen und Schiffen und schließlich um die Geschwindigkeit von Luftströmungen (Wind, Sturm, Schornsteinzug) zu bestimmen.

Der Typus der Apparate, welche verwendet werden, um zunächst die Geschwindigkeit von Fahrzeugen auf dem Land und von Schwungrädern zu bestimmen, ist der sehr bekannte Tourenzähler, die Verbindung einer endlosen Schraube mit einem Zählrad, bezw. einem Zählwerk, das aus mehreren Zahnrädern besteht. Zuweilen sind solche Apparate mit einer Vorrichtung vereinigt, um durch einen mit dem Zählwerk verbundenen Zeiger die Tourenzahl auf einer mit Papier bezogenen Trommel aufzeichnen zu lassen.

Zur bequemen Bestimmung der Geschwindigkeit einer Flüssigkeitsströmung, z. B. an irgend einer Stelle im Querschnitt eines Flußbettes dient der Woltmannsche Flügel, ein Rädchen mit windschief zur Achse gestellten Schaufeln (etwa nach Art der bekannten Windrädchen), das seine Umdrehungen auf ein Zählwerk übertragen kann. Das letztere ist dabei so konstruiert, daß es nach Belieben ein- oder ausgeschaltet werden kann. Bei der Beobachtung setzt man den an einer Stange befestigten Apparat an die Stelle des Flußquerschnittes, deren Strömungsgeschwindigkeit ermittelt werden soll, läßt das Rädchen ordentlich in Lauf kommen, schaltet nach Eintritt des Beharrungszustandes das Zählwerk ein und nach Ablauf einer abgemessenen Zeit wieder aus. Die schließlich ermittelte Tourenzahl ist dann noch mit einer Konstanten C , dem „Geschwindigkeitswert einer Tour“ zu multiplizieren und mit der Zeit zu dividieren. Theoretisch ist freilich dieses C keine Konstante, sondern eine Funktion der Tourenzahl selbst; in der Praxis werden dagegen die Woltmann-

sehen Flügel so exakt und sachentsprechend hergestellt, daß für die gewöhnlich zur Abmessung kommenden Geschwindigkeiten die Zahl C sehr nahe konstant ist. Man ermittelt C , indem man in ruhendem Wasser (Kanal) den Woltmannschen Flügel mit bekannten Geschwindigkeiten vorwärts führt.

Eigentlich nichts weiter als besonders bequeme Formen von Woltmannschen Flügeln sind auch die auf den Schiffen neuerdings verwendeten Patentloggen, die von dem in Fahrt begriffenen Schiff nachgezogen werden und durch sinnreiche Übersetzungen die Ablesung der Umdrehungszahl an Bord des Schiffes ermöglichen. Selbstverständlich haben auch diese Apparate ihre entsprechende Konstante.

Eine verhältnismäßig gute Ausbildung haben endlich die Instrumente erreicht, die man zur Bestimmung der Geschwindigkeit von Luftströmungen gebaut hat. Die Apparate der Spezialfirma Rosenmüller in Dresden leisten darin sehr Exaktes. Es sind im wesentlichen sehr leicht laufende Windrädchen, die mit Zählwerk verbunden sind. Sie zählen die „Windmeter“ in der Versuchszeit und ergeben demnach die wahre Geschwindigkeit erst durch Division der abgelesenen „Windmeterzahl“ durch die Zahl der Sekunden der Versuchsdauer¹⁾.

Die Frage, die jetzt zur Beantwortung steht, ist: welche von diesen Apparaten für die im Schulunterricht zu lösenden Probleme taugen. Man wird wohl allgemein mit mir der Ansicht sein, daß alle diese Apparate, einesteils weil sie Umrechnungen nötig machen, andernteils eine Zeitablesung neben der Ablesung am Apparat erfordern, keine eigentlichen „Geschwindigkeitsanzeiger“ im Wortsinne sind, also mit dem „Thermometer = Wärmegradanzeiger“ und dem „Elektrometer = Elektrizitätsgradanzeiger“ nicht auf eine Stufe gestellt werden können. Sie sind ihrer inneren Natur nach „Integraphen“ und als solche z. B. absolut unbrauchbar, um die Geschwindigkeit bei einer veränderlichen Bewegung in einem gegebenen Augenblicke festzustellen, so wenig man aus einem Integral den Wert des Differentialquotienten an einer Stelle oder etwa aus der mittleren Jahrestemperatur eines Ortes die Temperatur an demselben für irgend ein Datum des Jahres zu ermitteln vermag. Für die Bestimmung des Zahlenwertes gleichförmiger Geschwindigkeiten mangelt andererseits das Interesse für diesbezügliche Apparate in unserer Experimentalphysik zum größten Teile deswegen, weil für diesen einfachsten Fall andere Wege zu Gebote stehen.

Das dürfte der Grund gewesen sein, warum die Experimentalphysik bisher der „Geschwindigkeitsmesser“ entbehren und entbehren mußte.

Einen ersten Schritt zur Konstruktion eines für den Unterricht wirklich brauchbaren „Geschwindigkeitsmessers“ oder Celmeters (wie man in Analogie mit Volt- und Amperemeter sagen dürfte), soll nun der nachstehend näher beschriebene kleine Apparat darstellen. Möge es den verehrten Fachkollegen bald gelingen, den Apparat so auszubauen und zu modifizieren, daß er den Forderungen der physikalischen Demonstrationspraxis immer mehr gerecht werde.

2. Das neue Modell. Der neue Apparat kann von jedermann mit den einfachsten Mitteln selbst zusammengestellt werden. Man benötigt dazu nur ein Wind-

¹⁾ Diese sehr exakt arbeitenden Maschinchen sind dabei überraschend billig; so kommt das als No. 3 im Rosenmüllerschen Preisverzeichnis aufgeführte bis „100 Meter“ zählende, rund 6—7 cm hohe Anemometer nur auf M 36 zu stehen, das bis „10 000 Meter“ zählende auf M 54; das „10 Millionen Meter“ zählende auf M 75. Ich erwähne dies deswegen, weil es sich meines Erachtens für jede physikalische Sammlung empfiehlt, ein solch billiges Demonstrationsobjekt anzuschaffen, das z. B. erlaubt, die Geschwindigkeit des Luftzuges in der Ventilation, in verschiedenem Abstand über einem Bunsenbrenner, die Geschwindigkeit des Windes u. s. f. durch eine leichte Umrechnung zu finden.

rädchen W und eine feine Spiralfeder F , die man auf gemeinsamer Achse AB befestigt.

Das Windrädchen W schneidet man am einfachsten aus Papier aus. Aus der Kinderzeit her wissen wir, wie man das macht. Man schneidet in ein quadratisches Papierstück, wie Fig. 1 andeutet, die 4 diagonalen Schlitzte bis nahe zur Mitte, bohrt mit einer Stricknadel zyklisch die 4 Ecklöcher x und in die Mitte ein ebensolches Loch y . Biegt man die Quadratecken mit den Löchern x gegen die Mitte und schiebt gleichzeitig durch y und alle Löcher x die Achse AB , so ist das Windrädchen fertig.

Die an zweiter Stelle nötige feine Spiralfeder F verschafft man sich beim nächsten Uhrmacher. Man wählt eine nur $\frac{1}{2}$ bis 1 mm breite Uhrfeder, je nach der

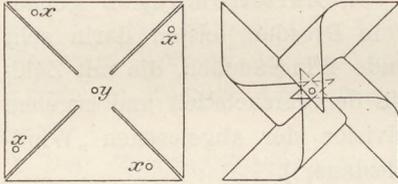


Fig. 1.

Größe des Windrädchens und läßt sie vor dem Gebrauch ein paarmal zwischen Daumen und Zeigefinger durchlaufen, damit ihre Windungen sich entsprechend vergrößern. Dann schiebt man sie mit ihrem zentralen Teil auf ein etwa 2 cm langes Stückchen Bleistift ab , dessen Bleikörper man vorher herausgestoßen hat.

Die Feder F (Fig. 2) wird nun dadurch mit dem Windrad fest verbunden, daß man das Holzstückchen ab ebenfalls auf die Achse AB aufschiebt, auf welcher das Windrad bereits sitzt, und es hierauf durch Klebwachs oder Leim auf der Rückseite des Windrädchens W befestigt.

Auf der Vorderseite der Holzwelle ab ist schließlich ein Strohalm, ein Papierstreifen, besser ein dünnes Kupferdrahtstück als Zeiger Z anzubringen. Als Achse AB läßt sich entweder eine dünne Stricknadel oder noch besser eine Nähnaedel benutzen. Diese Achse AB ist fest mit der Welle ab zu verkeilen; Ausfüllen der zentralen Bohrung von ab mit Klebwachs gibt vollständig ausreichenden Halt.

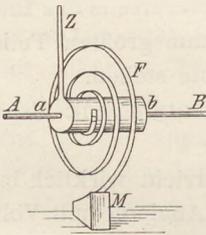


Fig. 2.

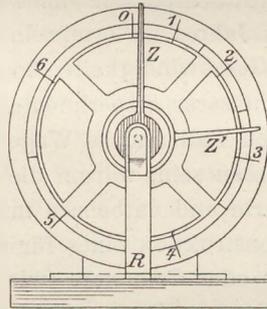


Fig. 3.

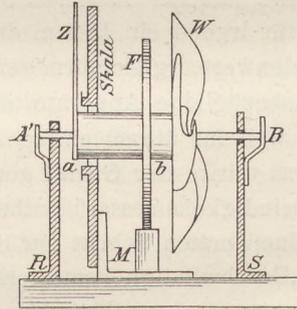


Fig. 4.

Die Achse AB ist schließlich in ein entsprechendes Widerlager RS (Fig. 4) einzulegen. Um ein sehr bequemes zu erhalten, kauft man sich (für 3 Pf.) ein sogenanntes „Tailenstäbchen aus Stahl mit Ösen“ in einem Gemischtwarengeschäft, biegt dies U-förmig um, schiebt die Achse AB zwischen den Ösen ein und befestigt die untere Seite von RS auf dem Grundbrett mit Klebwachs. Damit schließlich die Achse AB nach rückwärts nicht ausweichen kann, ist dort für eine entsprechende Hemmung A' zu sorgen.

Bringt man noch einen Skalenkreis an (Fig. 3), vor welchem der Zeiger Z spielen kann, so ist der Apparat in seiner primitivsten Gestalt fertig. Er bedarf nur noch der Eichung. Bevor wir diese beschreiben, seien einige Worte über die Art der Wirkung des Apparates eingeschaltet. Setzt man den Apparat einem konstanten Luftstrome

aus, so würde das Windrädchen W für sich allein, wie bekannt, in gleichmäßige Um-
drehung versetzt, da der durch die schiefgestellten Schaufeln des Rädchens ab-
gelenkte Wind einen seitlichen Druck auf diese Schaufeln, also einen Drill auf das
Rad ausübt. Da aber das Rad mit der Feder F fest verbunden ist, so wird das
Windrädchen W sich nur bis zu einem gewissen Betrage drehen können, der um so
größer ist, je größer der Winddruck auf das Rad wird. Da nun bei konstantem
Barometerstand oder besser bei konstanter Luftdichte zu jeder Luftgeschwindigkeit
ein fest bestimmter Ausschlag des Windrades gehört, so ist eine Eichung der Skala
tatsächlich nach Windgeschwindigkeiten möglich.

Die Luftdichte können wir nun bei den geringen Änderungen des Barometer-
standes an einem Standort (Physiksaal) als nahezu konstant ansehen, sodaß dieser an
sich schwierige Nebenpunkt fürs erste vollkommen außer acht gelassen werden kann.

Andererseits mögen wir uns erinnern, daß es in Bezug auf den Ausschlag des
Rädchens gleich ist, ob bewegte Luft auf das Rädchen wirkt oder das Rädchen in
ruhender Luft vorwärts geführt wird. Das letztere ermöglicht uns eine bequeme
Eichung.

Bevor wir diese ausführen, nehmen wir den Apparat in die Hand und gehen
damit im gewöhnlichen Schritt (Geschwindigkeit rund 1,5 m) durch das Zimmer. Der
Ausschlag des Zeigers gibt ein oberflächliches Maß für die Empfindlichkeit des
Apparates. Ein Ausschlag von rund 20° genügt vollkommen; ist er kleiner, so deutet
das entweder an, daß die Fläche des Rädchens zu klein oder die Feder zu stark
gewählt wurde. Ist dagegen der Ausschlag größer, so ist zu befürchten, daß größere
Geschwindigkeiten, z. B. 6—8 m, nicht mehr auf der Skala gemessen werden können,

Nach Prüfung dieser Empfindlichkeit setzt man das Celmeter am besten auf
ein Wägelchen G , dessen Gewicht gleichzeitig mit diesem Buchstaben bezeichnet sei.
Das Wägelchen wird nun durch einen wagerecht gespannten, mit dem Übergewicht P
versehenen Faden auf dem Vorlesungstisch in einem gegebenen Moment in Lauf ge-
setzt. Vorzüglich eignet sich hier der in ds. Zeitschr. (XIV 30) von Herrn H. KELLER-
MANN in Wien beschriebene Apparat zur Demonstration der Reibung. Man sieht,
während das Wägelchen dahinläuft, wie der Zeigerausschlag sich stets vergrößert.
Läßt man das Wägelchen die Strecke s fortlaufen, so kann man sich die Endge-
schwindigkeit für die Endstelle voraus berechnen. Man kann dabei von den Reibungs-
hindernissen bei dem primitiven Bau des Apparates ganz absehen. Bekanntlich ist:

$$1) \text{ Die Beschleunigung des Wagens: } a = 9,81 \cdot \frac{P}{P+G}.$$

$$2) \text{ Die Endgeschwindigkeit } v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot \frac{P}{P+G} \cdot s}.$$

Will man genauer sein, was aber nur bei feineren Apparaten angezeigt ist, so
geht man von der Gleichung aus:

Bewegungsenergie von $(P+G) +$ Verlorene Reibungsarbeit $(f \cdot G \cdot s) =$ Arbeit
von P , oder:

$$3) \dots \dots \dots \frac{1}{2} \left(\frac{P+G}{g} \right) v^2 + f \cdot G \cdot s = P \cdot s.$$

Woraus

$$4) \dots \dots \dots v = \sqrt{\frac{2g \cdot [P - fG] \cdot s}{P+G}},$$

was man auch so gefunden hätte, daß man in Formel 2 statt P den um die Reibung
verminderten Wert von P einsetzt.

Vorteilhafter ist es, dem Wägelchen jenen Weg s vorzuschreiben, der eine bestimmte Geschwindigkeit v , z. B. 3 m, erzeugt. Es ist dieser Weg

$$s = \frac{P + G}{P} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81} \text{ (Meter)}$$

oder unter Rücksichtnahme auf die Reibung:

$$s_R = \frac{P + G}{P - f \cdot G} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81} \text{ (Meter),}$$

also für $v = 3$ m, $P = 100$ g, $G = 400$ g, und bei Berücksichtigung der Reibung $f = 0,02$:

$$s = 2,29 \text{ m, } s_R = 2,48 \text{ m.}$$

Man prüft den einmal gewonnenen Wert für $v = 3$ m dann weiterhin dadurch, daß man die Belastung des Wägelchens G einerseits und die antreibende Kraft P andererseits so ändert, daß der Ausdruck

$$\frac{P \cdot s}{P + G} \quad \text{oder} \quad \frac{(P - fG) \cdot s}{P + G}$$

seinen Wert beibehält.

In unserem Falle (für $v = 3$) hat z. B. der erste Ausdruck den Zahlenwert 0,56, der zweite stets denselben anzunehmen, da beide Ausdrücke mit $v^2/2$ g identisch sind. Läßt man z. B. das Wägelchen die ganze Tischlänge, soweit sie verfügbar ist, durchlaufen, in meinem Falle $s = 4$ m, so muß $P/G = 7/43$ gewählt werden. (Man legt also auf das Wägelchen noch 30 g auf und vermindert die Triebkraft auf 70 g.) Der Ausschlag für die Geschwindigkeit v kann solchergestalt mehrfach geprüft werden.

Da die Ablesung des Zeigerausschlages für v am bewegten Wägelchen selbst für die Endlage nicht sehr sicher und vor allem unbequem ist, so ist es gut, an der Skala einen sogen. Friktionszeiger Z' anzubringen, der vom eigentlichen Geschwindigkeitszeiger Z des Apparates vorwärts geschoben wird und der stehen bleibt, auch wenn der Zeiger Z bei verminderter Geschwindigkeit des Wägelchens zurückgeht. Ist das Celmeter mit diesem Friktionszeiger ausgerüstet, so braucht man, um die Endgeschwindigkeit v zu bestimmen, das Wägelchen nicht am Endort (s) plötzlich zu hemmen, sondern tut gut, es zwischen ein sich verjüngendes Geleise mit Wandungen höher als das Wägelchen, die mit Tuch beklebt sind, einlaufen zu lassen. Dadurch klemmt sich das Wägelchen nicht plötzlich ein, was für den Versuch sehr günstig ist.

Wie schon aus der ganzen Anlage der Eichung des Apparates hervorgeht, kann das einmal bereits geeichte Celmeter sofort an Stelle der Atwoodschen Fallmaschine Verwendung finden, indem man eben das Wägelchen, auf welchem das Celmeter befestigt wird, auf dem wagerechten Tisch oder längs einer schiefen Ebene unter verschiedenem Antrieb P laufen läßt.

In geeigneter Verbindung mit der von Herrn Dr. E. Maey (in Remscheid) letzt- hin in dieser Zeitschr. (XV 268) beschriebenen „Arbeitsschiene“ gestattet das Celmeter, gerade das noch fehlende Glied in der Demonstration der Umsetzung der Bewegungsenergie in Arbeit beizubringen. Dabei ist die MAEYSche Arbeitsschiene in wagrechter Stellung gedacht, entsprechend der Ersetzung der Atwoodschen vertikalen Anordnung durch die wagerechte auf dem Vorlesungstisch.

3. Kritik des Apparates. Wenn man vielleicht auch die Leistungsfähigkeit des Apparates anerkennen wird, so könnte man doch geneigt sein, einzuwenden, daß der Apparat eigentlich ein Anemometer, also ein Luftwirkungsmesser sei, und daß er ferner die Bewegungsenergie in etwas vermindere.

Beides ist richtig. Aber ist es beim Thermometer als Wärmegradmesser nicht ähnlich? Auch an diesem mißt man nicht die Wärme, sondern die Ausdehnungswirkung dieser an einem anderen Körper als demjenigen, der als Wärmeträger gilt (Quecksilber), und auch das Thermometer konsumiert einen Teil der Wärme des warmen Körpers mehr oder weniger je nach seiner Kapazität. Wer wollte die Temperatur von einem Fingerhut voll Wasser mit einem Quecksilberthermometer bestimmen? Ähnlich konsumiert auch jedes Volt- und Amperemeter einen, wenn auch verschwindend geringen Betrag der E.M.K. der Stromquelle, ebenso einen Teil der gesamten Wärmeenergie, die der elektrische Strom produziert.

Die Aufgabe bei unserem Celmeter, die noch zu erledigen steht, ist also die, die von ihm konsumierte Bewegungsenergie, die man kurz als Kapazität des Celmeters bezeichnen könnte, dem jeweiligen Fall anzupassen. Ich gestatte mir daher, für den Spezialfall vertikaler Bewegungen auf die Konstruktion eines Celmeters von außerordentlich kleiner Kapazität hinzuweisen. Es ist die Verbindung eines längs der Diagonale geknickten rechteckigen Papierstreifens (2 cm breit, 4 cm lang, das ähnlich einer Magnetnadel auf eine Nadelspitze gesetzt wird, damit es leicht drehbar ist) und einer der feinen Uhrfedern, wie sie bei Taschenuhren Verwendung finden. Doch kann ich über diesen Apparat noch nichts weiteres berichten, da ich ihn noch nicht geeicht habe¹⁾.

Berechnung des Trägheitsmomentes eines Körpers in Bezug auf eine zu einer Schwerpunktsachse parallele Achse.

Von

Hans Keferstein in Hamburg.

Die Formel

$$\mathfrak{I}_d = \mathfrak{I}_s + Me^2$$

in der \mathfrak{I}_s das Trägheitsmoment eines Körpers von der Masse M in Bezug auf eine durch den Schwerpunkt S gehende Achse, \mathfrak{I}_d für eine zu dieser im Abstände e parallele Achse bedeutet, die von der durch S gelegten Normalebene im Punkte D geschnitten werden möge, wird in den Lehrbüchern mit Hülfe der Sätze von den statischen Momenten in Bezug auf eine Ebene bewiesen. Diese Sätze lassen sich am einfachsten in der analytischen Geometrie im Anschluß an die Bestimmung der Koordinaten eines Punktes, der eine Strecke in einem gegebenen Verhältnis teilt, erledigen; der Beweis an früherer Stelle erfordert einen dem Nutzen des Ergebnisses kaum entsprechenden Aufwand an Zeit und Mühe. Beginnt man aber, wie es entschieden wünschenswert ist, den zweiten Kursus der Physik mit der Mechanik, so wird man auf die Hülfe der analytischen Geometrie noch nicht rechnen können. Ein Verzicht auf die Formel würde zur Ausscheidung oder wenigstens minder scharfen Begründung einiger sehr lehrreichen Schülerübungen nötigen, z. B. der Bestimmung des zunächst direkt gemessenen Torsionsmomentes eines Drahtes aus den Schwingungen eines an ihm horizontal befestigten und mit verschiebbaren Gewichten versehenen Metallstabes (vergl. Budde-Kießling, Physik 132, 3) und der Horizontalintensität des Erdmagnetismus in der von Noack angegebenen Art. Aus diesem Gesichtspunkte empfiehlt sich vielleicht die nachstehende Ableitung, die so einfach ist, daß man sie auch im Praktikum selbst geben kann, wenn in der Klasse die vorbereitenden Sätze erledigt sind. Sie befolgt den bewährten Grundsatz J. Steiners geometrica geometrice in der Wendung physica physice. Das Trägheitsmoment ist ein auf physikalischen

¹⁾ Die oben genannte Spezialfirma Rosenmüller in Dresden N. Hauptstr. 18 hat sich bereit erklärt, das Celmeter nach obiger Angabe herzustellen. Auch der Mechaniker Sedlbauer, München Häberlstr. 13, würde den Apparat liefern.

Grundlagen ruhender Begriff; durch Benutzung des Momentensatzes greift auch der „fortgeerbte“ übliche Beweis unseres Satzes auf dieses Fundament zurück, aber ohne dessen wahre Bedeutung recht erkennen zu lassen.

Zur Veranschaulichung der nachfolgenden Überlegung schneide man sich aus weißer Pappe ein Stück von handlicher Größe, etwa ein Rechteck aus, bezeichne seinen Schwerpunkt mit S , einen zweiten Punkt mit D und beschreibe mit $DS = e$ um D den Kreis (s. Fig. 1). Ein

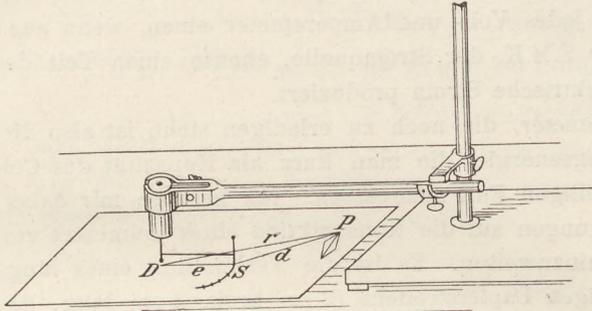


Fig. 1.

Kork mit einer hineingesteckten Nadel werde in einem Halter so befestigt, daß die Nadelachse senkrecht zu der auf den Tisch gelegten Pappebene steht und verlängert durch D geht. In S stecke man eine zweite Nadel senkrecht in die Pappe ein und verbinde beide Nadeln durch einen parallel zur Horizontalebene gespannten Faden. Nun verschiebe man die Pappe ohne Drehung um eine kleine Strecke Δx in der Richtung der

durch S gehenden Kreistangente. Man sieht, daß sich dabei S als Endpunkt des Fadens von der Länge e um die erste Nadel dreht und zwar um die Strecke Δx (Bewegung 1). Dann hefte man mit der durch S gesteckten Nadel S an die Unterlage und drehe die ganze Pappe um S im Sinne der Drehbewegung 1, zwar so weit, daß D wieder unter die Spitze der ersten Nadel gelangt; D muß also auch um den Weg Δx zurücklegen (Bewegung 2). Nun befestige man D mit dieser Nadel an der Unterlage, lüfte die zweite Nadel und drehe in der der vorigen Drehung entgegengesetzten Richtung die Pappe in die Anfangslage zurück, wobei also S wieder die Strecke Δx rückwärts durchwandert (Bewegung 3). Durch wiederholte Ausführung der zuerst beschriebenen beiden Bewegungen läßt sich eine beliebig große Drehung der Pappe erreichen, die durch eine einzige Drehung um D wieder rückgängig gemacht werden kann. Selbstverständlich erhält man das gleiche Ergebnis bei einer beliebigen Reihenfolge der drei Bewegungen.

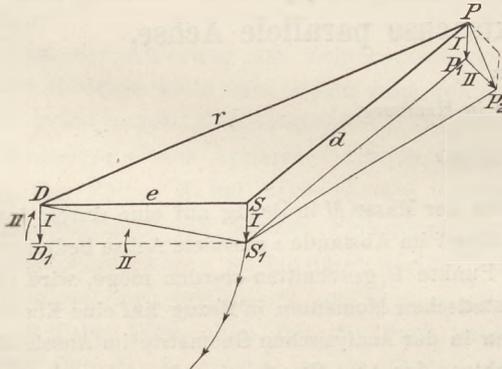


Fig. 2.

Es sei nun ein irgendwie geformter Körper mit einer Drehachse, die als D -achse bezeichnet werden soll, und dem Schwerpunkt S gegeben. Dann gilt für die durch S zur D -achse gelegte Normalebene bei einer hinreichend kleinen Drehung um die D -achse die soeben angestellte Betrachtung. Für alle außerhalb der Normalebene gelegenen Punkte kann die hierbei erfolgende Bewegung offenbar ebenfalls in eine Parallelverschiebung um die Strecke Δx bzw. die beschriebene Drehung von S (Bewegung 1) und eine gleichsinnige Drehung um die durch S zur Normalebene senkrecht gelegte S -achse zerlegt werden (Bewegung 2).

Wir erhalten also folgendes Ergebnis: Jede Drehung eines Körpers um eine beliebige D -achse kann, wenn sie hinreichend klein ist, also jeder Punkt eine auf seinem Dreharm senkrechte kleine Strecke durchläuft, in eine Parallelverschiebung und in eine Drehung des Körpers um die zur D -achse parallele S -achse zerlegt werden. Legt bei der Drehung um die D -achse der Schwerpunkt S die Strecke Δx zurück, so hat die Parallelverschiebung parallel zu Δx und um den Betrag Δx zu erfolgen; sie läßt sich auch als Drehung von S um eine im Raume als fest gedachte Achse betrachten, die mit der ursprünglichen Lage

der D -achse zusammenfällt (Bewegung 1). Die Winkeldrehung ist dabei gleich $\Delta x/e$, wenn e den Abstand des Schwerpunktes S von der D -achse bedeutet. Durch die Drehung des Körpers um die S -achse (Bewegung 2) soll die bei der Bewegung 1 aus ihrer Anfangslage um Δx verschobene D -achse des Körpers in diese Lage zurückgeführt werden, es muß daher wieder eine Winkeldrehung von dem Betrage $\Delta x/e$ erfolgen. Ebenso groß ist endlich auch die Winkeldrehung bei der aus 1 und 2 resultierenden Drehung, da ja bei ihr S die Strecke Δx zurückgelegt hat.

Betrachtet man nun diese Bewegungen als Wirkungen konstanter Kräfte in einer kleinen Zeit Δt , so müssen wegen der Gleichheit der Winkeldrehungen auch gleiche Winkelbeschleunigungen φ auftreten, da $\Delta s/e = \varphi/2 \cdot \Delta t^2$. Die Bewegung 1 erfolgt so, als ob die ganze Masse M des Körpers im Schwerpunkt S vereinigt wäre, das Drehmoment der in S wirkenden Kraft wird also durch $Me^2 \cdot \varphi$ gemessen. Für die Bewegung 2 ist das Drehmoment $\mathfrak{L}_s \cdot \varphi$ und für die Hauptdrehung um die D -achse $\mathfrak{L}_d \cdot \varphi$. Die zugehörigen Arbeiten sind $Me^2 \cdot \varphi \Delta x/e$; $\mathfrak{L}_s \cdot \varphi \Delta x/e$ und $\mathfrak{L}_d \cdot \varphi \Delta x/e$. Da die Drehmomente $Me^2 \cdot \varphi$ und $\mathfrak{L}_s \cdot \varphi$ mit $\mathfrak{L}_d \cdot \varphi$ gleichwertig sind, muß sich auch dieselbe Arbeitsgröße ergeben, mag nun der Körper durch die Parallelverschiebung und die Drehung um die S -achse oder allein durch die Drehung um die D -achse aus der Anfangslage in die Endlage übergeführt werden. Also folgt

$$\mathfrak{L}_d \cdot \varphi \cdot \Delta x/e = Me^2 \cdot \varphi \cdot \Delta x/e + \mathfrak{L}_s \cdot \varphi \cdot \Delta x/e \text{ oder } \mathfrak{L}_d = Me^2 + \mathfrak{L}_s.$$

In der schriftlichen Darstellung nimmt sich vielleicht dieser Beweis immer noch etwas breit aus, aber der Kundige wird hoffentlich aus ihr herausfühlen und bei einem nach ihrer Anleitung angestellten Versuche sicherlich sich überzeugen, daß in mündlicher und anschaulicher Darbietung die Erledigung nur kurze Zeit beansprucht. Fast noch wertvoller aber scheint mir, daß, im Gegensatz zu dem üblichen Beweise, der gegebene nicht allein zwingend, sondern auch überzeugend ist.

Die Entstehung optischer Bilder vom Standpunkte der Wellenlehre.

Von

Dr. Alois Lanner in Innsbruck.

Werden bei einer Wasserfläche von einem Punkte ausgehende kreisförmige Wellen hervorgerufen, so mag wohl der von der Erregungsstelle aus gezogene Halbmesser geeignet sein, die Ausbreitung der Wellen leicht zu berechnen, das Auge sieht aber nur die periodischen Schwingungen der Wasserteilchen und, daß die Stellen gleicher Phase, z. B. die Wellenberge, konzentrische Kreise bilden. In analoger Weise führt auch in der Optik die Betrachtung der Wellenfläche zu einer dem wirklichen Vorgang mehr entsprechenden Darstellung, als die Betrachtung „der Strahlen“.

Als Ausgangspunkt der Wellenflächen wählen wir zunächst zwei Lichtpunkte A und B (Fig. 1). Durch jeden Punkt der Umgebung gehen dann zwei solche Wellenflächen. Betrachten wir den Punkt O und bezeichnen wir die in diesem Punkte an die Wellenfläche gelegten Tangentialebenen mit α und β . Diese beiden Ebenen schneiden sich in einer Geraden c , welche auf der Ebene OAB senkrecht steht. Der von ihnen eingeschlossene Winkel wird immer größer, wenn sich der Punkt O den Punkten A und B nähert, und er ist dem Gesichtswinkel gleich, unter dem wir die Strecke AB von O aus sehen. Befindet sich auf der Geraden AB noch ein Lichtpunkt, so wird seine durch O gehende Wellenfläche eine Tangentialebene besitzen, welche ebenfalls durch die Gerade c hindurchgeht. Die Tangentialebenen aller durch O gehenden Wellen-

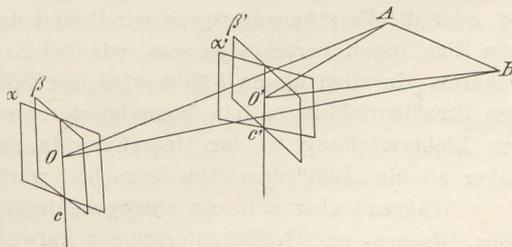


Fig. 1.

flächen, deren Ausgangspunkte auf AB liegen, werden also ein Ebenenbüschel mit der gemeinsamen Achse c bilden. Ebenso erhalten wir in einem zweiten Punkte O' ein Ebenenbüschel mit der Achse c' , aber die Ebenen, welche denselben Punkten auf der Geraden AB entsprechen, werden miteinander im allgemeinen andere Winkel einschließen. Die Punkte auf AB sind aber zu den nach O und O' gezogenen Strahlen projektiv und diese sind wieder projektiv zu den Ebenen durch c und c' ; daher sind auch die durch diese beiden Achsen gelegten Ebenenbüschel zueinander projektiv.

Betrachten wir dann die Erscheinung, welche eintritt, wenn drei punktförmige Lichtquellen A , B und C ein Dreieck bilden (Fig. 2). In diesem Falle werden die in O eintreffenden Wellenflächen Tangentialebenen besitzen, welche miteinander eine räumliche Ecke bilden, deren Kanten a , b und c bzw. auf den Ebenen OBC , OCA und OAB senkrecht stehen. Nehmen wir ferner an, daß nicht nur von den Ecken dieses Dreieckes, sondern auch von vielen anderen auf den Dreiecksseiten liegenden Punkten kugelförmige Lichtwellen ausgehen, so werden die Geraden a , b und c zu Trägern von Ebenenbüscheln, die zu den Lichtpunkten auf den Dreiecksseiten projektiv sind. In allen benachbarten Punkten $O'O'' \dots$ erhalten wir ebenfalls räumliche Ecken, deren Kanten $a', b', c' \dots a'', b'', c'', \dots$ die Achsen neuer Ebenenbüschel bilden, die insgesamt zu den Ebenenbüscheln um a , b und c projektiv sind. So ergeben sich für alle von den Seiten eines Dreieckes ABC ausgehenden Lichtwellen projektive Systeme von Ebenen durch sämtliche Punkte $O, O', O'' \dots$, welche auch untereinander projektiv sind.

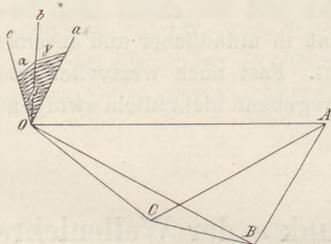


Fig. 2.

Hätten wir endlich noch einen vierten Punkt D , der auf keiner der früheren Dreiecksseiten liegt, so können wir auch für alle Lichtpunkte auf den Seiten dieses Dreieckes ABD projektive Ebenenbüschel konstruieren. Wie mit C und D können wir aber mit jedem Punkte einer durch AB gelegten Ebene F verfahren und gelangen so [zu einem von O ausgehenden Ebenenbüschel und alle von einer Geraden g dieser Ebene F ausgehenden Wellenflächen haben Tangentialebenen durch $O, O', O'' \dots$, die zur Punktreihe auf g projektiv sind.

Das dem Punkte O entsprechende Ebenenbüschel steht zu allen nach diesem Punkte konvergierenden Strahlen in einer eindeutig definierten Beziehung. Ebenso kann jeder andere Punkt des Raumes als Träger eines solchen Ebenenbüschels aufgefaßt werden, nur wird die gegenseitige Lage der Ebenen entsprechend der verschiedenen Krümmung der einzelnen Wellenflächen im allgemeinen eine andere sein.

Wir haben bisher stillschweigend vorausgesetzt, daß sich die Lichtwellen in einem durchwegs isotropen Medium ausbreiten. Wenn sich dagegen die Punkte $O, O', O'' \dots$ in einem anderen Medium befinden als die leuchtenden Punkte $A, B, C \dots$, so wird der Zusammenhang zwischen den Ebenenbüscheln der verschiedenen Punkte auch von der Form der Grenzfläche beider Medien abhängen. Der Raum, in dem sich alle diese Punkte befinden, kann ferner von einem Medium erfüllt sein, dessen Brechungsverhältnisse sich von Punkt zu Punkt ändern, wie es allerdings im geringen Grade bei der Atmosphäre der Fall ist, oder die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes kann endlich auch nach verschiedenen Richtungen verschieden sein, wie bei Krystallen, die nicht dem tesseralen Systeme angehören. In allen diesen Fällen wird der Zusammenhang zwischen den Ebenenbüscheln und den Strahlenrichtungen ein komplizierterer sein, aber ihre Elementarebenen stehen immer zur Lichtverteilung in der Umgebung in einem bestimmten Zusammenhange und können daher als ein „Bild“ derselben betrachtet werden.

Während aber z. B. ein photographisches „Negativ“ dem Originale gegenüber Helligkeits-, Farben- und Größenunterschiede aufweist, aber das Punktsystem des Originals wieder als ein Punktsystem abbildet, tritt beim obenerwähnten Ebenenbüschel an die Stelle des Punktsystems das Flächensystem und daher wollen wir ein solches Bild als ein „Flächenbild“ bezeichnen. Jeder Punkt in einem durchsichtigen Medium kann also als Träger eines solchen

Flächenbildes betrachtet werden und diese Flächenbilder wechseln von Ort zu Ort in dem Maße, als die aus der Umgebung kommenden Wellenflächen ihre Lage und Krümmung ändern.

Es erübrigt noch zu zeigen, wie ein solches Flächensystem durch Brechung an der Oberfläche optischer Linsen in ein Punktsystem aufgelöst werden kann, wodurch wir wieder ein „Bild“ im gewöhnlichen Sinne des Wortes erhalten, und nur ein solches läßt sich durch einen Schirm auffangen oder zur Belichtung einer photographischen Platte verwenden. Aus Fig. 3 ist ersichtlich, wie ein System ebener Wellenflächen durch eine konvexe Linse deformiert wird und wie die Wellenflächen nach dem Austritte aus der Linse als konzentrische Kugelflächen gegen einen festen Punkt A konvergieren. Dieses Konvergenzzentrum A liegt auf der optischen Achse der Linse, wenn die ebenen Wellenflächen vor der Brechung auf derselben senkrecht stehen; schließen sie dagegen mit der Lage der früheren Wellenfläche einen Winkel α ein, wie es die ausgezogenen Linien in Fig. 4 andeuten, so konvergieren die gebrochenen Wellenflächen nach einem außerhalb der Achse liegenden Punkt B . Wenn beide Systeme ebener Wellenflächen die Linse gleichzeitig durchsetzen, so geht durch jeden Punkt sowohl eine Fläche des einen wie auch eine des anderen Systems, nur in den Punkten A und B und ihrer nächsten Umgebung trennen sich die Wellenflächen vollständig und daher wird jeder dieser Punkte nur die Helligkeit und Farbe jener Lichtquelle zeigen,

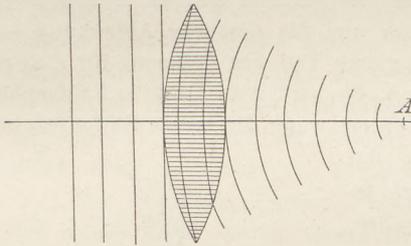


Fig. 3.

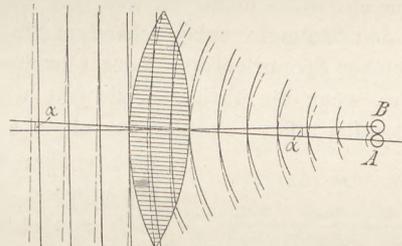


Fig. 4.

welche das entsprechende Wellensystem hervorgerufen hat. Die Entwicklung der Grundgesetze der geometrischen Optik auf Grund der Veränderungen der Wellenfläche in einem linsenförmig begrenzten Medium hat der Verfasser in seiner „Naturlehre“¹⁾ konsequent durchgeführt und ihren Zusammenhang mit den üblichen Formeln und Konstruktionen, ohne die Dicke der Linse zu vernachlässigen, auseinandergesetzt.

Bei dieser Behandlung kommt auch der Unterschied zwischen wirklichen und imaginären Bildern besonders klar zum Vorschein, weil letztere nicht negativ, nämlich als nicht existierende Strahlengebilde, sondern positiv, nämlich als Flächenbilder definiert werden, und diese lassen sich auf einem Schirme nicht auffangen, weil sie eben nicht ein System von Punkten liefern, deren jeder nur Wellen einer Art enthält. Man könnte letztere im Gegensatz zu ersteren als Punktbilder charakterisieren.

Der optische Apparat des Auges vermag nicht nur Systeme ebener Wellenflächen so zu deformieren, daß sie sich auf der Horopterfläche in Punktsysteme auflösen, sondern er erzielt diese Wirkung auch bei Wellenflächen mit konvexer Krümmung und besitzt daher auch die Fähigkeit, die imaginären Bilder in der Lupe, im Mikroskope und im Fernrohre als wirkliche Bilder auf die Netzhaut zu werfen. Beim photographischen Apparate besorgt das Objektiv die Verwandlung der Flächenbilder in Punktbilder, die dann zur Belichtung der Platte verwendet werden und durch die Behandlung mit dem Entwickler ein neues Objekt liefern, das dem Originale nach Form und Helligkeit ähnlich ist.

¹⁾ „Naturlehre“ von Dr. Al. Lanner, Verlag von Josef Roth, München und Wien 1902.

Zwei Apparate zur Vorführung elektromagnetischer Rotationserscheinungen¹⁾.

Von

Dr. Karl Ulsch.

(Laboratorium der Kgl. Akademie Weihenstephan bei Freising.)

Die klassischen Apparate Faradays und das Barlowsche Rad, welche zur Demonstration der elektromagnetischen Rotationserscheinungen angewendet zu werden pflegen, zeichnen sich durch die Einfachheit ihrer Zusammenstellung aus; sie lassen aber nicht mit der Deutlichkeit, wie sie namentlich für die Zwecke des Unterrichts erwünscht wäre, erkennen, daß es sich im wesentlichen um die gleiche Fundamentalerscheinung handelt, die man in der Lehre vom Elektromagnetismus voranzustellen pflegt — die Ablenkung der Magnethöhle durch den Strom. Die Apparate, welche im folgenden beschrieben werden sollen, haben denn auch die Versuchsordnung zum Vorbild, durch welche in der Regel die Ablenkung der Magnethöhle gezeigt wird.

I. Denkt man sich den Magnetstab NS (Fig. 1) innerhalb eines vierseitigen Rahmens um ab drehbar, so erfolgt die Ablenkung desselben in bekannter Weise, sobald durch den Rahmen ein Strom fließt. Ist aber der Magnet fest und der Rahmen drehbar, so wird letzterer durch den Strom in entsprechendem Sinne abgelenkt, und die nämliche Ablenkung würde bei gleicher Stromrichtung jeder einzelne frei bewegliche Teil des Rahmens für sich allein erfahren, wenn die übrigen Teile fest bleiben würden. So wird z. B. die linke Rahmenhälfte, falls dieselbe um ab drehbar ist, allein abgelenkt werden, wenn die rechte Hälfte fest bleibt.

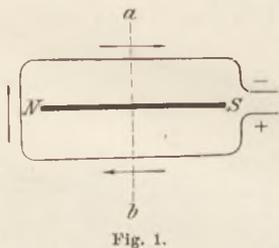


Fig. 1.

Eine völlige Umdrehung der beweglichen Hälfte wäre jedoch zunächst nicht möglich, weil die begonnene Drehung auf halbem Wege durch die entgegengesetzte Wirkung des Magnetpols S aufgehalten wird. Beseitigt man nun aber die hemmende Wirkung dieses Poles dadurch, daß man die rechte Hälfte des Magnetstabes senkrecht abbiegt, so ist damit das Schema für die Hervorbringung einer dauernden Rotation gegeben. Es muß nur noch die linke Rahmenhälfte etwas kleiner sein als die rechte, damit sie durch letztere im Verlaufe der Drehung ungehindert passieren kann.

Die Ausführung des Apparates kann demnach sehr einfach in folgender Weise geschehen (Fig. 2). Aus zwei Stücken starken, gut isolierten Kupferdrahts, dessen Enden bei a fest umeinander gewickelt sind, fertigt man den Bügel A . An das eine noch freie Drahtende ist ein Quecksilbernapf b , an das andere der Elektromagnet M angelötet, dessen Schenkel im rechten Winkel zu einander stehen. Dicht über der Biegungsstelle ist der Elektromagnet von dem Quecksilbernapf c umgeben, welcher aus einer durchbohrten Holz- oder Korkscheibe mit passend umgelegtem Rand hergestellt werden kann. Dieser Quecksilbernapf wird auf den Magnetkern fest aufgesteckt, bevor man diesen an den Bügel A festlötet. Zuletzt wird der aufrecht stehende Magnetschenkel mit einer oder zwei Lagen nicht zu schwachen Drahtes dicht bewickelt.

Der bewegliche Teil des Apparates besteht aus dem Kupferdrahtbügel B . Mit Rücksicht auf geringes Gewicht und leichte Beweglichkeit ist derselbe aus schwächerem Draht gefertigt.

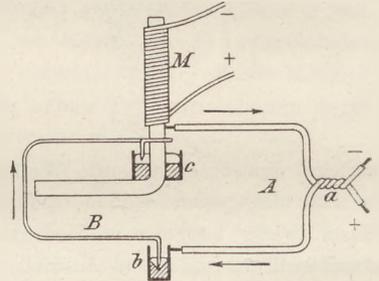


Fig. 2.

¹⁾ Die Apparate haben der Redaktion vorgelegen und sind im Verein z. Förd. des physikal. Unterrichts zu Berlin vorgeführt worden.

Das eine spitz zugefeilte Ende dieses Bügels ist senkrecht abwärts gebogen und findet seinen Stützpunkt in dem Quecksilbernapf *b*. Das andere Ende ist zu einem geräumigen Haken gebogen, dessen Öffnung so weit ist, daß er oberhalb des Quecksilbernapfes *c* frei beweglich um den aufrechten Magnetschenkel gelegt werden kann; so erhält der bewegliche Bügel seinen oberen Stützpunkt. Das Ende des Hakens ist ebenfalls gut zugespitzt und senkrecht nach abwärts gebogen, so daß es bei der Drehung des Bügels ständig in das Quecksilber des Napfes *c* eintauchen kann. Es versteht sich, daß der Elektromagnet kräftig erregt und der Rahmen von einem starken Strom durchflossen sein muß.

II. Auch dem folgenden Apparat ist das Schema der Fig. 1 zu Grunde gelegt, und auch hier wird kontinuierliche Drehung durch Abtrennung eines entsprechend beweglichen Rahmenteiles hervorgerufen. Während aber bei Apparat I die Teilung des Rahmens in eine linke und rechte Hälfte durch die Vertikale *ab* erfolgte, ist hier der Schnitt in der Magnetachse *cd* geführt zu denken, derart, daß der Rahmen in eine obere und untere Hälfte zerfällt (Fig. 3). Denkt man sich vorläufig den Stromweg noch ununterbrochen, die obere Rahmenhälfte um die Vertikalachse *ab* drehbar, die untere Hälfte hingegen fest, so wird die obere Hälfte bei Stromschluß einen Impuls erfahren, der zu einer Lösung der Stromverbindung bei *c* und *d* führen muß. War der Antrieb kräftig genug, so werden die Unterbrechungsstellen bei *c* und *d* nach einer halben Umdrehung der oberen Rahmenhälfte alsbald wieder überbrückt, wodurch ein neuer Impuls in gleicher Richtung die Wiederholung des Spiels veranlaßt. Es muß also eine anhaltende Rotation der oberen Rahmenhälfte eintreten.

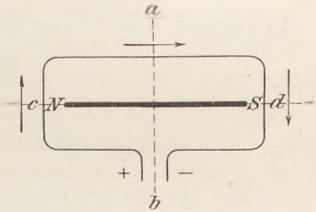


Fig. 3.

Der Apparat läßt sich mit geringen Mitteln in folgender Weise zusammenstellen. Auf ein quadratisches Brettchen (Fig. 4) sind die Metallstreifen *A* und *B* aufgeschraubt, welche außen mit den Quecksilbernapfen *a* und *b*, innen mit der Stromzuleitung *c* versehen sind. Über den beiden Blechstreifen, in der Längsrichtung derselben, ist der stabförmige Elektromagnet *M* gelagert; er ist vermittelt untergelegter, ausgehöhlter Korkstückchen in passender Höhe angebracht und in der Mitte durch einen Blechbügel mit Schrauben auf der Unterlage festgehalten. Dieser Blechbügel trägt oben ein ca. $2\frac{1}{2}$ cm langes zugespitztes Stahlstäbchen, als welches sich das Ende einer starken Stricknadel ganz gut eignet. Auf dieser Stahlspitze schwebt der Kupferstreifen *C* vermittelt eines Glasröhrchens, welches oben zugeschmolzen ist und so eine Art Hütchen bildet; das Röhrchen ist nahezu $2\frac{1}{2}$ cm lang und nur wenig weiter, als das Stahlstäbchen dick ist. Dadurch wird leichte Drehbarkeit des Streifens *C* mit guter Führung auf der Achse vereinigt. Die Befestigung des Glasröhrchens in der Bohrung des Streifens *C* geschieht durch Einkitten mit Siegellack.

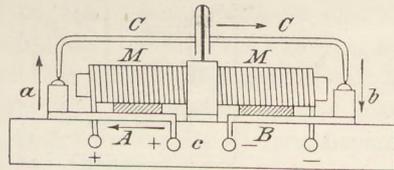


Fig. 4.

Die Enden von *C* sind nach abwärts gebogen und gut zugeschärft, so daß sie das Quecksilber in *a* und *b* bei der Drehung leicht durchschneiden können. Das Quecksilber muß natürlich genügend hoch stehen, so daß die Enden von *C* eintauchen können, ohne bei der Drehung den Rand der Quecksilbernapfe zu berühren. Das Brettchen, welches den ganzen Apparat trägt, ist zweckmäßig mit überragenden Holzleisten eingefaßt, so daß einer Verbreitung verschütteten Quecksilbers vorgebeugt wird.

Obwohl nun in dem System dieses Apparates die Stromrichtung immer dieselbe bleibt, so ist derselbe streng genommen dennoch ein Kommutatorapparat, allerdings allereinfachster Art. Denn nach einer halben Umdrehung haben die Endpunkte der oberen Rahmenhälfte ihre Plätze vertauscht, so daß dieses Leiterstück nunmehr tatsächlich in entgegengesetzter Richtung vom Strom durchflossen wird.

Es liegt aber nahe, statt des einen Metallstreifens *C* deren mehrere gekreuzte oder endlich eine volle Scheibe in Anwendung zu bringen. So entsteht eine Vorrichtung, welche

dem Barlowschen Rade ähnlich ist. Die Scheibe wird aus ganz dünnem Kupferblech gefertigt und, wie beschrieben, mittelst eines eingekitteten Glasröhrchens leicht drehbar über dem Elektromagnet angebracht. Der Rand der Scheibe ist nach abwärts umgebogen, so daß er bei der Drehung kontinuierlich in das Quecksilber der Nöpfe eintaucht. Der Gang erfolgt so völlig funkenfrei. Auch in dieser Form arbeitet der Apparat noch mit Kommutation; dies ist das Eigentümliche desselben, denn der Stromübergang erfolgt hier zwischen zwei diametral gegenüberliegenden Punkten der Scheibe, während er beim Barlowschen Rad in der gewöhnlichen Anordnung zwischen dem Zentrum und einem Punkt der Peripherie stattfindet, wobei ein und derselbe Radius seinen vollen Strom immer erst nach einer ganzen Umdrehung und immer in gleicher Richtung erhält.

Apparat zur Demonstration der Wirkungsweise der elektrischen Sicherungen bei Kurzschluß.

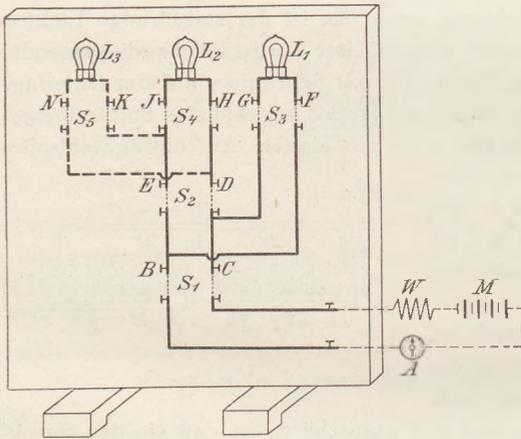
Von

Dr. Penseler in Blankenese.

Um die Wirkungsweise der elektrischen Starkstromsicherungen bei Kurzschluß und zugleich die Stromverteilung in einem Lichtleitungsnetz — Zweileiter — zu veranschaulichen, benutze ich folgenden Apparat¹⁾.

Auf einem senkrecht stehenden Brette ist, wie die Figur andeutet, ein Netz von Leitungen nach Art des Zweileitersystems ausgespannt.

Stellt man sich das Leitungsnetz aus umsponnenem Kupferdraht her, so tut man gut, drei verschiedenfarbige Drähte zur Unterscheidung der drei Zweigleitungen zu verwenden.



In jede Zweigleitung ist eine Glühlampe L eingeschaltet, als Repräsentant für die Gesamtheit der in diesen Zweig parallel eingeschalteten Lampen. An den Stellen S_1 bis S_5 , also jedesmal nach einer Stromverzweigung, ist der Leitungsdraht unterbrochen, hier werden äußerst feine Eisendrähte eingeklemmt, die die doppelpoligen Sicherungen vertreten sollen. Die Hauptsichersung S_1 ist dicker als die S_2 und diese wieder stärker als die sehr dünnen Einzelsicherungen S_3 bis S_5 .

Versuch 1. Werden die Enden dieses Leitungssystems mit den Polen einer kräftigen Batterie M verbunden, so müssen bei

passender Wahl der Lampen und der Sicherungsdrähte alle 3 Glühlampen mit normaler Helligkeit brennen.

Versuch 2. Jetzt wird zwischen den Punkten B und C der Hauptleitung Kurzschluß hergestellt. Besteht die Leitung aus blankem Kupferdraht, so kann man den Kurzschluß einfach dadurch bewirken, daß man quer über die beiden Leitungsarme einen dickeren blanken Kupferdraht legt. Nun fließt wegen des äußerst geringen Widerstandes fast der gesamte Strom durch die Brücke CB , er bewirkt, daß sämtliche Lampen erlöschen und die Sicherung S_1 unter dem Einfluß des ungeschwächten Stromes schmilzt. Daß nach Eintritt des Kurzschlusses ein weit stärkerer Strom die Hauptleitung durchfließt, erkennt man an dem Ausschlagen der Nadel eines Ampèremeters, das bei A in den Stromkreis eingeschaltet ist.

¹⁾ Dieser Apparat ist von der Firma Max Kohl in Chemnitz zu beziehen.

Versuch 3. In der eben beschriebenen Form entspricht der Versuch nicht ganz der Wirklichkeit, denn bei eintretendem Kurzschluß werden in der Regel die Lampen einer Elektrizitätsanlage nur etwas dunkler brennen, aber nicht vollständig ausgehen. Da nämlich alle Lampen — es sind deren bei großen Anlagen tausend und noch mehr — parallel geschaltet sind, so ist ihr Gesamt Widerstand nicht so sehr groß, und der Kurzschluß BC wird daher keine so extreme Wirkung haben können wie in Versuch 2, er wird nur veranlassen, daß alle Lampen etwas geringere Spannung erhalten. Man kann aber auch diese Verhältnisse recht gut bei unserm Apparat zur Anschauung bringen, wenn man den Kurzschluß statt durch einen dicken Kupferdraht durch einen dünneren Eisendraht, dessen Leitungswiderstand wesentlich größer ist, hervorruft. Dann werden die Lampen L_1 bis L_3 auch nicht mehr ganz verlöschen.

Versuch 4. Nach Wiederherstellung der Sicherung S_1 ruft man bei den Stellen E und D Kurzschluß hervor, und zwar, um die Wirkung recht deutlich zu machen, mittels eines Kupferdrahtes. Wieder verlöschen zuerst alle Lampen, dann schmilzt Sicherung S_2 durch, da sie schwächer als S_1 ist. Nach dem Durchbrennen der Sicherung S_2 durchfließt der Strom allein den rechten Leitungszweig, die Lampe L_1 leuchtet mit weit größerer Lichtstärke wieder auf. Infolge des übernormalen Stromes breunt nun auch bald nach dem Aufflammen der Lampe L_1 die Sicherung S_3 durch, worauf L_1 endgültig erlischt.

Versuch 5. Um nun zu zeigen, daß beim Fehlen der Sicherung S_3 die Lampe L_1 stark gefährdet ist, sobald bei ED Kurzschluß sich eingestellt hat, ersetzt man die feinen Eisendrähte S_3 durch dicke Kupferdrähte, dann wird nach kurzer Zeit der Kohlenfaden der Lampe L_1 durch den überstarken Strom zerstäubt werden.

Versuch 6. Wenn man an einer der Stellen FG , HJ , KN beispielsweise FG Kurzschluß eintreten läßt, so erlöschen zuerst — resp. brennen dunkler — alle Lampen, darauf brennt Sicherung S_3 durch und alsdann leuchten L_2 und L_3 mit etwas vermehrtem Glanze wieder auf.

Die Versuche 4, 5 und 6 können leicht zu Mißverständnissen Anlaß geben, sie bedürfen daher noch einiger Erläuterungen. Die Erscheinungen spielen sich in der Praxis bei großen Elektrizitätsanlagen nicht ganz so ab, wie eben geschildert. Um ein gleichmäßiges Leuchten der Glühlampen zu erzielen, wird von der elektrischen Zentrale aus stets für konstante Netzspannung gesorgt, entweder durch Hand- oder selbsttätige Regulierung, indem je nach Bedarf eine Anzahl Akkumulatorenzellen ein- oder ausgeschaltet werden. So erreicht man, daß alle Lampen, selbst nach dem Durchbrennen einer Zweigsicherung oder dem Ausschalten einer Anzahl von Lampen, noch mit gleicher Helligkeit brennen, solange nämlich der innere Widerstand der Maschine oder der Batterie und der Leitungswiderstand außer Betracht gelassen werden kann, und in der Regel kann das ohne Fehler geschehen. Ist aber der Widerstand der Batterie und des Leitungsnetzes wie bei unserm Apparat nicht ganz zu vernachlässigen, dann brennen allerdings, wie gezeigt wurde, die übrigen Lampen heller. Das ergibt sich durch einfache Überlegung aus dem Ohmschen Gesetze.

Es sei e die konstant erhaltene Netzspannung, W_e der Widerstand einer Lampe, W_z der Widerstand einer Zweigleitung, W_i der innere Widerstand der Batterie. Unter diesen Voraussetzungen ist, sobald alle 3 Lampen des Apparates brennen, die Gesamtstromstärke nach dem Ohmschen Gesetz:

$$J = \frac{e}{\frac{W_e}{3} + \frac{W_z}{3} + W_i}.$$

Also der Strom, der durch eine Lampe hindurch geht, gleich dem dritten Teil:

$$J_1 = \frac{e}{W_e + W_z + 3W_i}.$$

Werden 2 Lampen gebrannt, so ist jetzt der Gesamtstrom:

$$J = \frac{e}{\frac{W_e}{2} + \frac{W_z}{2} + W_i}.$$

Also erhält die Einzellampe nur einen Strom

$$2) \quad J_1 = \frac{e}{W_e + W_z + 2W_i}.$$

Ist schließlich nur eine Lampe, z. B. L_1 in Brand, so wird sie von einem Strome

$$3) \quad J_1 = \frac{e}{W_e + W_z + W_i}$$

gespeist.

Der Vergleich der drei Ausdrücke lehrt nun sofort, daß bei Vernachlässigung des Leitungs- und Batteriewiderstandes die Stromstärke gleich $J = \frac{e}{W_e}$ ist, also stets die gleiche ist, folglich auch die Helligkeit einer Lampe stets konstant ist, gleichgültig ob eine oder mehrere Lampen brennen.

Sobald aber der Batteriewiderstand in Rechnung gezogen werden muß, dann erhält die einzeln brennende Lampe (3) einen stärkeren Strom als die zu zweien brennende Lampe (2) und diese wieder einen stärkeren Strom als die zu dreien brennende Lampe (1). Diese Tatsache zeigte der Versuch 4 und 6. Bestätigt wird sie noch durch die Ablesungen am vorgeschalteten Amperemeter, das z. B. bei meinen Versuchen einen Stromverbrauch von 2, $2\frac{1}{4}$ und 3 Amp. für eine Lampe anzeigte.

So ist es möglich, an der Hand dieses Apparates dem Schüler ein deutliches Bild von der Stromverteilung in einem Lichtleitungsnetze und von der Wirkung der Sicherungen bei Kurzschluß zu geben.

Die Sicherungen S_1 und S_2 brauchen zum Gelingen der Versuche nicht so sorgfältig gewählt zu werden, dagegen müssen die Sicherungen S_3, S_4, S_5 genau abgepaßt sein. Hat man für diese nicht hinreichend dünne Eisendrähte zur Verfügung, so kann man einen etwas zu dicken Eisendraht durch längeres Ausglühen schließlich brauchbar machen.

Statt der Eisendrähte lassen sich natürlich auch Silber oder sonstige Metalldrähte verwenden, wie es ja in der Praxis tatsächlich geschieht, doch ist die Erscheinung des Durchschmelzens dann nicht so deutlich.

Um eine passende Stromstärke zu erhalten, kann man bei W einen regulierbaren Widerstand einschalten. Würde man diesen dann weglassen, so würde ein für die Lampen zu starker Strom die Leitung durchfließen und man könnte auch auf diese Weise die Wirkung der Sicherungen zeigen. Besonders anschaulich wird der Nutzen der Sicherungen bei diesem Versuch dann hervortreten, wenn man die eine Einzelsicherung, z. B. S_3 , durch Kupferdrähte ersetzt; denn während jetzt die Sicherungen S_4 und S_5 durchschmelzen und daher die Lampen L_2 und L_3 unversehrt bleiben, wird die ungeschützte Lampe L_1 zerstört werden.

Physikalische Aufgaben.

1. Noch eine Bemerkung zur „Kugelschwebe“ (ds. Zeitschr. XV 216). Die von Herrn GRIMSEHL gebotene Formel ist unvollständig entwickelt. Sie lautet in etwas einfacherer Schreibweise: $rw^2 = g \operatorname{tg} \alpha$. Wenn R den Radius der Schale, ρ den Radius der Kugel bezeichnet, dann ist $r = (R - \rho) \sin \alpha$. Ferner ist $(R - \rho) \cos \alpha$ gleich der Tiefe h des Kugelmittelpunktes unter dem Schalenmittelpunkt. Hieraus ergibt sich: $h = \frac{g}{w^2}$.

Da h nur von g und w abhängt, werden alle Kugelmittelpunkte in dieselbe horizontale Ebene in der Tiefe h unter dem Schalenmittelpunkt zu liegen kommen. Wenn also Frick-Lehmann bei der „Höhe“ an die Kugelgipfelpunkte denkt, dann hat er Recht; die größeren Kugeln reichen in größere Höhen. Ferner hat Herr Grimsehl unrecht, wenn er sagt, die Kugeln steigen gleich hoch „unter der besonderen Voraussetzung, daß sie gleich groß sind“. Für die Kugelmittelpunkte (die er offenbar vor Augen hat, indem er die Kugel in der Zeichnung durch einen Punkt ersetzt) gilt diese Beschränkung nicht. *K. Fuchs, Preßburg.*

2. Zu der Aufgabe über das Bremsen von Eisenbahnzügen (XV 215 und 349) ist Folgendes zu bemerken:

Wenn während des Bremsens ein aufgehängtes Pendel eine neue Gleichgewichtslage annimmt, so geschieht dies nur durch Dämpfung seiner Schwingungen infolge von Reibung und Luftwiderstand. Auf solche Kräfte ist aber bei Anwendung des Satzes von der lebendigen Kraft keine Rücksicht genommen, daher ist das Resultat auf S. 349 falsch.

Das ergibt sich auch daraus, daß in dem Ausdruck für $\sin \frac{1}{2} \alpha$ die mittlere Geschwindigkeit der ersten Sekunde vorkommt. Mit demselben Recht könnte die mittlere Geschwindigkeit für die erste Minute oder die erste Tertia auftreten. Ferner hat die von der Bremskraft erteilte Beschleunigung w gleiche Dimensionen wie die Schwerebeschleunigung g , v_m hat die Dimension $l \cdot t^{-1}$, also hat $v_m \cdot w / 2gr$ die Dimension t^{-1} , kann daher nicht gleich einer reinen Zahl, $\sin \frac{1}{2} \alpha^2$, sein. Auf die Lage des Schwerpunkts, der um die Strecke r von dem Aufhängepunkt entfernt sein soll, kommt es überhaupt nicht an. Fadenpendel und Stäbe, mathematische und physikalische Pendel stellen sich gleich schief. — Nehmen wir an, das Pendel habe sich während des Bremsens beruhigt und hänge um den Winkel α schief, dem Aufhängepunkt in der Fahrriichtung vorangehend. Auf den Schwerpunkt wirkt die Schwere mit der Beschleunigung g abwärts, ferner die Spannung des Fadens in der Richtung α schräg aufwärts, beide müssen sich zu einer Resultante vereinigen, welche horizontal, gegen die Fahrriichtung, dieselbe Beschleunigung w dem Pendel erteilt, die durch die Bremsen seinem Aufhängepunkt und dem ganzen Zuge erteilt wird. Sonst könnte das Pendel nicht in der angenommenen Lage verharren. Aus dem Parallelogramm der Kräfte folgt $\operatorname{tg} \alpha = w/g$. Ist die Geschwindigkeit $v = 10$ (m sec⁻¹) und wird in 20^s der Zug zum Stehen gebracht, so ist $w = 0,5$ (m sec⁻²), $\operatorname{tg} \alpha = 1/20$, $\alpha = 3^\circ$.

Dieselbe Formel gilt, wenn ein Zug mit der Geschwindigkeit $v (= 6)$ eine längere Kurve vom Radius $r (= 90)$ durchfährt. Nach Dämpfung der Schwingungen hängt das Pendel nach außen schief um den Winkel α , es wirkt dann eine Zentripetalbeschleunigung $w = v^2/r = 0,4$, sie ist die Resultante der Beschleunigungen der Fadenspannung und der Schwere, also $\operatorname{tg} \alpha = w/g = 1/25$, $\alpha = 2^\circ$.

Die beschriebenen Erscheinungen sind sehr gut an der Berliner Hochbahn zu beobachten, viel schlechter wegen der beständigen Stöße an Eisenbahnen. Ein Mensch, der im Wagen steht, kommt, wenn das Bremsen oder die Kurve beginnt, in Gefahr nach vorn oder außen zu fallen, er korrigiert daher seine Haltung, indem er sich zurück oder nach innen neigt, und fühlt sich erst wieder sicher, wenn seine neue Haltung labilen Gleichgewichts parallel ist zu der stabilen Lage des Pendels. Was für das Pendel die Spannung des Fadens, das leistet dem stehenden Menschen der in seiner Achse wirkende Gegendruck des Fußbodens. Ist bei solcher Haltung des Pendels und des Fahrgastes die Geschwindigkeit 0 erreicht, so fällt die Bremskraft weg, das Pendel schwingt, der Fahrriichtung entgegen, in seine Gleichgewichtslage zurück, auch darüber hinaus, der Fahrgast gerät in Gefahr, bei seiner schiefen Haltung nach derselben Seite zu fallen.

M. Koppé, Berlin.

3. In dieser Zeitschr. (XIII 330. vergl. XIV 290) hat Herr F. Körber die Auflösung der Aufgabe 544 meiner Aufgabensammlung — „Bis zu welcher Temperatur wird trockene Luft von 15° abgekühlt, wenn sie von der Meereshöhe aus 300 m in die Höhe steigt“ — beanstandet, weil dabei die sogen. Poissonsche Gleichung (das potenzierte Mariottesche Gesetz) nicht berücksichtigt sei. Diese Formel führt jedoch zu keiner auf allgemeiner bekannte Gesetze leicht zurückführbaren und dem Zwecke meiner Sammlung entsprechenden Auflösung. Ich kann sie aber durch folgende Näherungsrechnung ersetzen.

Durch die Druckverminderung von 28 mm für die Höhe von 300 m wird 1 cbm Luft vom Normaldruck von 760 mm bis zu 1,038 cbm ausgedehnt. Er leistet dabei nach dem mittleren Druck von 10 140 kg, wie ihn der Barometerstand von 746 mm bedingt, eine Arbeit von $10\,140 \times 0,038$ oder von 385 kgm. So werden 0,909 W.E. beansprucht, die nach der Wärmekapazität 0,307 eines Kubikmeters der sich ausdehnenden Luft eine Temperaturerniedrigung von 2,96° C. verursachen. Der nach der Hyperbelform der Ausdehnungskurve

berechnete Arbeitswert ist für kleinere Druckunterschiede wie für den vorliegenden nur sehr wenig abweichend. Sucht man die Abkühlung wie verlangt für die Anfangstemperatur von 15° , so ist die Verminderung im Gewichte der Luft durch ihre Ausdehnung im Verhältnisse 1:1,05 zu berücksichtigen und die Wärmekapazität nur mit 0,292 in Anrechnung zu bringen, wodurch das Resultat sich auf $3,1^{\circ}$ erhöht. Nach Poissons Formel erhält man übereinstimmend eine Abkühlung von $3,1^{\circ}$ für die Anfangstemperatur von 15° , dagegen $2,4^{\circ}$ für die Anfangstemperatur von 0° .

Erfolgt das Zusammendrücken der Luft adiabatisch, also unter derselben Voraussetzung, wie sie für die Ausdehnung galt, so ergibt sich unter der Annahme eines stetigen geringen Überdruckes ein dem oben genannten gleicher Arbeitswert, wenn der Außendruck von 732 mm auf 760 mm wächst. Die Wärmekapazität von 1 cbm Luft ist aber diesmal nur mit 0,22 zu berechnen, weil die Luft sich nicht ausdehnen kann. So ergibt sich für 0° als Anfangstemperatur durch den vermehrten Druck eine Temperaturerhöhung von $4,1^{\circ}$. Nach Poisson berechnet beträgt sie nur $3,0^{\circ}$.

TRESCA fand 1853 (*Compt. rend. 36 S. 610*), daß nach dem vorhandenen Beobachtungsmaterial die nach Poisson abgeleiteten Ausdrücke für weiter reichende Druckänderungen keine richtigen Resultate ergäben, und stellte deshalb eine andere empirische Formel auf. Um ein allgemeineres Urteil darüber zu gewinnen, habe ich nun außer dem angegebenen noch einige andere Fälle verglichen und die nach den verschiedenen Methoden berechneten Zahlen zusammengestellt. Für die überall angenommene Anfangstemperatur 0° und das Druckverhältnis 1:2 oder 2:1 findet man nach Poisson in vollen Graden 61° für die Erwärmung und 50° für die Abkühlung. Berechnet man bei dieser starken Verdichtung den mittleren Druck genauer nach zwei Phasen statt nach einer, so erhält man die Arbeit von 7315 kgm (anstatt 7159 kgm nach der Hyperbelkurve). Sie macht 17,2 W.E. aus und bedingt eine Erwärmung von 78° , eine Abkühlung von 56° . Beide Zahlen kommen den durch ausführliche Näherungsrechnung zu findenden schon ziemlich nahe, selbst unter Berücksichtigung der durch die erste Temperatursteigerung veranlaßten Erhöhung des Drucks.

Bei der Ableitung der Temperaturänderungen nach der Arbeitsgröße ist überall für die Kompression $c_v = 0,169$ und für die Ausdehnung $c_p = 0,2375$ in Anrechnung gebracht, und die Resultate zeigen deshalb das Verhältnis $\frac{c_p}{c_v} = 1,4$. Für Poissons Werte müßte man dasselbe erwarten, aber es ergeben sich folgende Zahlen:

Druckverhältnis	Temperatur- zunahme bei der Verdichtung Grad	Temperatur- abnahme bei der Verdünnung Grad	Verhältnis der Temperatur- änderungen
1: 2 u. 2:1	61	— 50	1,22
2: 5 u. 5:2	84	— 64	1,31
1: 3 u. 3:1	102	— 74	1,38
3:10 u. 10:3	114	— 80	1,42
1: 8 u. 8:1	227	— 124	1,83
1:10 u. 10:1	261	— 133	1,96

Wegen der schon erwähnten Übereinstimmung in der Arbeitsgröße beim Zusammenpressen und bei der Ausdehnung der Luft können die vorstehenden Werte der Wirklichkeit nicht entsprechen. Die Näherungsrechnung ergibt für geringere Druckänderungen ähnliche Abkühlungen und für größere Druckänderungen ähnliche Erwärmungen wie die vorstehende Reihe, zuerst weichen die Verdichtungswerte stärker ab und zuletzt die Verdünnungswerte. Leider gibt es für die Entscheidung nur wenig genaueres Beobachtungsmaterial. Eine größere Versuchsreihe ist m. W. nur von FAYRE und SILBERMANN veröffentlicht. (*Ann. d. Chim. et de Phys. III. S. 37, S. 480.*) Trotz der bei diesen Forschern in zahlreichen anderen Fällen anerkannten großen Zuverlässigkeit sind ihre Temperaturbestim-

mungen beim Zusammendrücken und Ausdehnen der Gase fehlerhaft ausgefallen und geben viel zu kleine Werte, beispielsweise für das Druckverhältnis 1:8 und 8:1 bei der Luft + 27,6° und - 25,4°. Es ist deshalb nicht gerechtfertigt, daß in Müller-Pouillet nach ihnen für das Druckverhältnis 1:2 und 2:1 die Zahlen + 13,2° und - 12,8° angegeben sind, und es wird ja auch im Widerspruch dagegen an einer anderen Stelle desselben Lehrbuchs die Erwärmung beim Verdichten auf $\frac{10}{9}$ zu 12° ausgerechnet. Für Sauerstoff und Luft finden FAYRE und SILBERMANN die Gradzahl der Abkühlung und Erwärmung in fünf Versuchsgruppen fast gleich, für Wasserstoff überall die Gradzahl für die Erwärmung 1,4 - 1,5 mal größer als für die Abkühlung. Beim Zusammendrücken des Wasserstoffs werden bei allen Druckverhältnissen ungleich größere (bis 1,8 mal) Temperaturerhöhungen beobachtet.

CLÉMENT hat zwar vereinzelt für kleine Druckänderungen die Werte von Poisson bestätigt, aber viele andere Beobachtungen sprechen neben den oben genannten Bedenken dagegen. Wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes wäre es deshalb sehr zu wünschen, daß der tatsächliche Vorgang durch eine neue Reihe von Versuchen innerhalb weiter Druckgrenzen möglichst sorgfältig festgestellt würde. Bis dahin erscheint die Rechnung nach der Arbeitsgröße noch am ersten zuverlässig. *W. Müller-Erbach, Bremen.*

Denkfragen.

4. Die Denkfrage 4 (ds. Zeitschr. XV 216) von Herrn Adami erledigt sich wohl durch die Bemerkung, daß durch die Verschiebung der Platten der Gesamtwiderstand geändert wird, während der Satz vom Maximum der Stromstärke nur für die Verteilung eines gegebenen Widerstandes gelten kann.

5. Die Denkfrage 5 (ebenda) betrifft eine Sache, auf die ich bereits in ds. Zeitschr. XIV 153 ff. hingewiesen habe. Dort steht bereits (S. 155) der Satz: „Körper verschiedenen Potentials ziehen sich an“. Daß das Coulombsche Gesetz deshalb falsch ist, folgt freilich nicht, da die durch Influenz hervorgerufenen Elektrizitätsmengen zu berücksichtigen sind. Vielleicht läßt sich die Sache mathematisch noch weiter verfolgen. *H. Kleinpeter, Gmunden.*

6. Der Kohlefaden einer nicht brennenden, also nicht vom Strome durchflossenen Kohlefadenglühlampe schwingt, wenn die Lampe erschüttert wird, minutenlang hin und her, während er fast momentan in Ruhe kommt, wenn die Lampe brennt. Erklärung?

Antwort: Der vom Strome durchflossene Kohlefaden erzeugt ein magnetisches Feld, innerhalb dessen die einzelnen Teile des Leiters eine elektroiduktive Dämpfung erfahren. *E. Grimsehl, Hamburg.*

7. Die Erklärung des Hebers in manchen Lehrbüchern (vergl. ds. Zeitschr. XV 308) gibt zu folgender Denkaufgabe Anlaß:

Eine lange Messingkette (von einer Schwarzwälder Uhr) ist über eine Rolle gelegt, die beiden Enden sind aufgespeichert in Bechergläsern B_1 , B_2 und es steht B_1 tiefer als B_2 . Was geschieht? Rollt die Kette nach B_1 herüber? Durch ihr Gewicht? Oder durch die Festigkeit der Kette? Inwiefern ist die Erscheinung dem Fließen bei einem Heber ähnlich?

Der Festigkeit der Kette entspricht der Zusammenhang des im Heberrohr befindlichen Wassers vermöge des Luftdrucks. *M. Koppe, Berlin.*

Kleine Mitteilungen.

Apparat zum experimentellen Nachweis des Verlaufs der Kraftlinien.

Von **G. Kemna** in Lüttich.

Die Kraftlinien eines Magnets sind die Bahnen, welche ein einziger Pol unter der Wirkung kombinierter magnetischer Kräfte durchlaufen würde, wenn er sich frei im magnetischen Felde bewegen könnte. Hierauf gründet sich folgende Vorrichtung.

Eine lange, prismatische, möglichst leichte Magnetnadel, ns (Fig. 1) (30 cm lang und 3 mm dick) wird in der Mitte mittels einer kardanischen Aufhängung (Fig. 2) zwischen zwei hölzernen Ständern befestigt. In 13 cm Entfernung liegt auf einem hölzernen Stative ein

genügend kräftiger, 18 cm langer Magnet. Der Abstand zwischen Magnet und Aufhängungsachse der Nadel ist so gerechnet, daß der Pol der Nadel vertikal über den Pol des Magnets gebracht werden kann.

Bringt man zwei gleichnamige Pole übereinander in etwa 2 cm Entfernung, zum Beispiel zwei Nordpole n und N , und läßt man die Nadel los, so beschreibt diese eine Kurve,

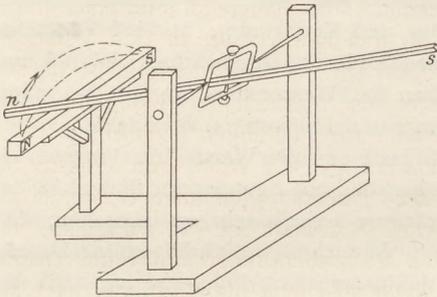


Fig. 1.

welche nicht die Kurve der durch den Ausgangspunkt gehenden Kraftlinie ist, sondern eine an die Untenseite des Südpols reichende Spirale (Fig. 3), denn, auf Grund des Beharrungsvermögens, entfernt sich beständig die Nadel von der Kraftlinie nach außen, während die Pole n und S fort-

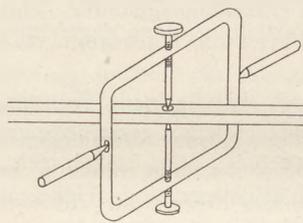


Fig. 2.

dauernd einander anziehen. Die Tangente an dieser Spiralkurve gibt, in jedem Punkte, die Richtung der Resultante der verschiedenen zusammenwirkenden Kräfte.

Um die Wirkung des Beharrungsvermögens zu verhindern, genügt es, die Spitzen der kardatischen Aufhängung etwas weiter einzuschrauben. Nach einigen Versuchen gelingt es die Reibungen so zu regeln, daß die Nadel sich nur bewegt, wenn man durch Klopfen mit den Fingern auf das Stativ dem ganzen Apparate kleine und schnelle Schwingungen mitteilt. Dann sieht man das Ende der Nadel langsam die parabolische Kurve der Kraftlinie beschreiben und bis an die Oberseite des Südpols des Magnets gehen.

Wiederholt man den Versuch und setzt man den Nordpol der Nadel an eine andere

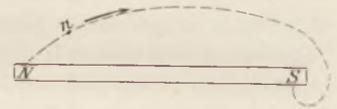


Fig. 3.

Stelle in der Nähe des Nordpols des Magnets, so beschreibt die Nadel eine andere Kurve, welche gleichfalls bis an den Südpol des Magnets geht.

Der „freie“ Fall.

Von **E. Grimsehl** in Hamburg.

Es würde uns sonderbar vorkommen, wollte jemand die Schnelligkeit eines Rennpferdes, da er mit dem Pferde nicht gleichen Schritt halten kann, daran ermessen, wie rasch das edle Roß einen schweren Ackerwagen über frisch gepflügtes Feld befördern kann. Fast ebenso sonderbar muß es einem kritisch denkenden Schüler erscheinen, wenn der Lehrer den freien Fall eines Körpers an der Atwoodschen Fallmaschine demonstriert. Tatsächlich ist die Beobachtung des „freien“ Falles eine so außerordentlich einfache Sache, daß ich überzeugt bin, es genügt ein kurzer Hinweis darauf, wie man es machen kann und machen muß, damit aus dem Elementarunterricht auf der Unterstufe die Atwoodsche sogenannte Fallmaschine verschwindet.

Ähnlich urteile ich über die Benutzung der Galileischen Fallrinne. Wenn man die Fallgesetze in den allerersten Unterrichtsstunden behandeln will, noch bevor man das Parallelogrammgesetz abgeleitet hat, ist dem Schüler auch die Fallrinne noch nicht hinreichend verständlich.

Für den freien Fall muß der Schüler durch eigene Erfahrung die drei Grundgesetze kennen lernen: 1. Alle Körper fallen gleich schnell, 2. Der Fallraum in der ersten Sekunde beträgt 5 Meter, 3. Die Fallräume verhalten sich wie die Quadrate der Fallzeiten. Die Ableitung dieser drei Gesetze führe ich jetzt in folgender Weise aus:

1. Ich gehe an die Treppenbrüstung des obersten Stockwerkes unseres 16 m hohen Treppenhauses, ausgerüstet mit einem Kasten, in dem eine große Anzahl von Steinkugeln

(wie sie die Kinder zum Spielen gebrauchen, und wie sie unter dem Namen: Murmeln, Knippel, Knicker oder sonstwie bekannt sind), einige Stücke Holz von verschiedener Größe, einige Blei- und Eisenkugeln, Schrotkörner, Korke, Gummistopfen, Steine, Papier, Watte und sonstige Körper aufbewahrt sind. Die Schüler stehen neben mir oder verteilen sich an den übrigen Teilen des Treppengeländers, sodaß sie alle die Tiefe überschauen können. Unten im Treppenhause ist eine große, leere, offene Packkiste aufgestellt. Nun nehme ich einige Kugeln gleichzeitig in die Hand, öffne die Hand über der gähnenden Tiefe, und alle Schüler hören nur einen einzigen Schall beim Aufschlagen der Kugeln auf dem Boden der Kiste. Ich wiederhole denselben Versuch mit zwei gleichzeitig losgelassenen Steinkugeln von verschiedener Größe. Voll Spannung erwarten die Schüler, ob wohl eine der Kugeln früher ankommt, als die andere. Erstaunt, aber überzeugt sind sie, wenn auch die verschieden großen und verschieden schweren Kugeln nur einen Schall beim Aufschlagen erzeugen. Derselbe Versuch mit demselben Resultat wird dann mit Körpern verschiedener Art wiederholt, also mit Eisenkugeln, Bleikugeln, Steinen, Schrotkörnern; trotz ihrer verschiedenen Substanz, verschiedenen Gestalt und ihrem verschiedenen Gewicht, alle erreichen sie ihr Ziel im selben Augenblicke. — Wird auch ein Stück Papier ebenso schnell fallen, wie ein Stein? Ein ausgebreitetes Stück Papier wird mit einem Steine gleichzeitig losgelassen. Das Papier bleibt weit hinter dem Steine zurück. Die Schüler sehen, wie das ausgebreitete Papierstück ganz allmählich hin und her schaukelnd in die Tiefe geht, wenn es nicht gar auf einem Treppenabsatze liegen oder hängen bleibt. Nun wird ein größeres Papierstück genommen und möglichst genau in der Mitte durchgerissen. Die eine Hälfte wird mit der Hand zur Kugel geballt, die andere Hälfte bleibt ausgebreitet. Läßt man jetzt die gleich großen und gleich schweren Papierstücke gleichzeitig los, so erreicht das zusammengeballte Papier die Treppenhautiefe bedeutend früher als das ausgebreitete. Jetzt wird ein möglichst dicht zusammengeballtes Papierstück mit einem Steine gleichzeitig losgelassen. Der Zeitunterschied, der vorher so bedeutend war, ist verschwindend klein geworden. Ein eigens zu diesem Zwecke aufbewahrtes wertloses Buch fällt sogar genau ebenso schnell, wie ein Stein, wenn man das Buch mit einem Faden fest zusammen bindet, während es langsamer fällt, wenn man es mit fliegenden Blättern gleichzeitig mit dem Steine losläßt. Eine ähnliche Versuchsreihe wird mit lose gezupfter und mit zusammengeballter und fest zusammengebundener Watte gemacht. Zum Schlusse läßt man ein kleines Schrotkorn zugleich mit einem großen Korke fallen. Trotz des bedeutend geringeren Gewichts des Schrotkorns kommt es etwas früher an, als der schwerere Kork. Der Schüler erkennt die Ursache für die Verlangsamung der Bewegung beim ausgebreiteten Papier, der losen Watte und dem Korke, auch ohne daß man ihm ein Wort davon sagt; weiß er doch, daß er ein Stück Papier auch auf dem Schulhofe weiter werfen kann, wenn es zusammengeballt ist, als wenn er es ausgebreitet wirft. Der Begriff des Luftwiderstandes ist ihm aus seinen Spielen zur Genüge bekannt, lange bevor man mit ihm in der Physikstunde davon spricht.

2. Als ich vor einiger Zeit die Schüler einer Oberklasse im Physikunterricht nach dem Fallraum in der ersten Sekunde fragte, wußten sie alle den Weg von 5 m anzugeben, einige berechneten den Weg sogar aus der Formel $g/2t^2$ und wußten auch genau den Wert für g . Auf die Frage, woher sie das wußten, antworteten sie alle: „Das haben wir gelernt“. Gesehen und beobachtet hatte es kein einziger. (Ich bemerke noch, daß diese Schüler aus vier verschiedenen Schulen herkamen.)

Ich lasse die Messung des Fallraums in folgender Weise ausführen: (Bei genügender Zeit müssen die Schüler selbst die Versuche machen.) Das Sekundenpendel wird in Gang gesetzt. Beim Schlage des Pendels wird eine Kugel in 1 m Höhe losgelassen. Die Schüler hören, daß die Kugel früher aufschlägt, als der nächste Schlag des Pendels erfolgt. Dann steige ich oder einer der Schüler auf den Stuhl, zuletzt auf den Tisch und derselbe Versuch wird aus 2 und 3 Meter Höhe ausgeführt, zuletzt mit möglichst hochgehobenem Arme. Zwar klappen die beiden Schalle der auffallenden Kugel und des Pendels besser zusammen, doch reicht die Fallhöhe zum völligen Zusammenfallen noch nicht aus. Nun wird derselbe Ver-

such im Treppenhaus wiederholt, wo wieder die Kiste bereit steht zum Auffangen der fallenden Kugeln und zur Erzeugung eines hörbaren Schalles. Wir beginnen mit ungefähr 10 m Fallhöhe, es tritt jetzt der zweite Schall des Sekundenpendels bedeutend früher ein, als die Kugel unten aufschlägt. Nach vielem Probieren überzeugen sich die Schüler durch eigene Versuche, wenn es die Zeit erlaubt, sonst durch die von mir ausgeführten Fallversuche, daß bei 5 m Fallhöhe die beiden Geräusche von Pendel und Fallkugel zusammenfallen. Es mag noch erwähnt werden, daß man sich erst eine gewisse Übung angewöhnen muß, die Kugel wirklich in demselben Augenblicke loszulassen, in dem das Pendel schlägt. Man muß den Takt des Pendels gewissermaßen mit den Fingerspitzen, mit denen man die Kugel hält und losläßt, zählen. Ferner ist es empfehlenswert, die fallende Kugel nicht mit den Augen zu verfolgen, sondern nur nach dem Aufschlagen zu urteilen. Wenn die Schüler selbst diese Versuche ausführen, müssen sie besonders darauf aufmerksam gemacht werden. Unmusikalische Schüler sind zu diesen Versuchen nicht brauchbar.

3. Auch das Gesetz der Fallräume läßt sich beim „freien“ Fall leicht nachweisen, wenn man als Zeiteinheit nicht gerade eine Sekunde wählt, weil ja dann für 2 Zeiteinheiten 20 m herauskommen. Ich benutze zu diesen Versuchen als Zeitmesser das Metronom, bei dem ich das Laufgewicht auf 132 stelle. Diese Zahl gibt die Schwingungszahl in einer Minute an. Es beträgt also die Schwingungszeit für eine Schwingung 0,45 Sekunden. In dieser Zeit durchläuft ein freifallender Körper den Weg von 1 m. Innerhalb des Lehrzimmers oder des Klassenzimmers zeige ich den Schülern, daß bei dieser willkürlich gewählten Zeiteinheit der Fallraum in einer Zeiteinheit 1 m beträgt, daß aber bei 2 m Fallhöhe die fallende Kugel früher ankommt, als der zweite Pendelschlag (nach dem nullten) erfolgt. Nun gehen wir wieder in das Treppenhaus und steigen von unten an Stufe zu Stufe höher, immer aufs neue Fallkugeln loslassend. Mit einer mich selbst bei Ausführung meiner ersten Versuchsreihe verblüffenden Genauigkeit beobachtet man die Fallräume von 4, 9, 16 Metern in 2, 3, 4 Zeiteinheiten. Ich habe die Beobachtungen bei den praktischen physikalischen Schülerübungen von den Schülern ausführen lassen, ohne ihnen vorher von der Wahl der Zeiteinheit oder über sonst irgend eine Größe eine Angabe zu machen. Die Beobachtungen der Schüler wichen auch bei den größeren Fallhöhen nicht mehr als $\frac{1}{2}$ Meter von dem wirklichen Werte ab. Bedenkt man, mit welchen einfachen Hilfsmitteln diese Versuche ausgeführt sind, so kann man keine größere Genauigkeit erwarten. Aber eine größere Genauigkeit ist auch nicht nötig, um die Schüler das Gesetz der Fallräume selbständig aus den Beobachtungen entwickeln zu lassen.

Dieselben Schüler, die mir früher auf meine Frage, woher sie ihre Kenntnisse von den Fallgesetzen hätten, antworteten: „Das haben wir gelernt“, antworten mir jetzt: „Das haben wir ja selbst bei unseren Beobachtungen erfahren“. Nach diesen Versuchen kann man die mathematische Ableitung der Fallgesetze getrost aus der Physikstunde in die Mathematikstunde verlegen, wo sie hübsche Beispiele für die Anwendung der arithmetischen Reihe liefert.

Versuche mit einfachen Mitteln.

5. **Otto Richter** in Leipzig: **Polarisationsversuche am schwingenden Seile.** Herr Wilhelm Volkmann (Berlin) hat kürzlich einen schönen Aufsatz über „Neue Seilwellenversuche“ veröffentlicht (vergl. d. Heft S. 97), worin er unter anderem einen Polarisator und damit anzustellende Versuche beschreibt. Auch ich habe im Unterricht ähnliche Versuche gezeigt, aber mit einfacheren Hilfsmitteln. Ich bediene mich eines gewöhnlichen Gasschlauches von 3–4 m Länge (noch besser ist ein alter Schlauch, durch den man eine Schnur gezogen hat), der an einem Ende festgehakt oder von einem Schüler gehalten wird, während ich am anderen Ende lebhaft Drehwellen erzeuge. Der Polarisator besteht aus einem Bindfaden, der in der Nähe der Seilmitte festgeknüpft ist, und dessen Enden ich ebenfalls von einem oder von zwei Schülern in entgegengesetzter Richtung straff halten lasse. Wenn es sich darum handelt, den Polarisator während des Versuches zu drehen, so werden in einen Ring,

durch den sich der Schlauch eben noch hindurchstecken läßt, 2 Bindfäden geknüpft, die in entgegengesetzten Richtungen straff gezogen werden. Sehr lehrreich ist z. B. der folgende Versuch (vergl. Turmalinzange): Ich bringe in der Mitte des Schlauches, in einem Abstände von 2—3 dm von einander, 2 solche Polarisatoren an, die zunächst in einer Ebene liegen; während ich das eine Schlauchende in lebhaftes Zirkularbewegung versetze, lasse ich den ersten Polarisator in seiner Stellung festhalten, den anderen aber langsam um den Schlauch drehen. Dann dreht sich die Polarisationssebene der 2. Schlauchhälfte mit, indem sie sich immer senkrecht zum 2. Polarisator stellt, und gleichzeitig wird ihre Amplitude immer kleiner; sobald der zweite Polarisator auf dem 1. senkrecht steht, kommt die 2. Seilhälfte vollständig zur Ruhe. Auch der Versuch mit einem einzigen Polarisator, den ich auf Zuruf straffziehen und wieder lockern lasse, dürfte sich mit dem Volkmannschen Polarisator nicht so unmittelbar und einleuchtend anstellen lassen. Um die Art der Schwingung der einzelnen Seilteile augenfällig zu machen, bediene ich mich weißer Papierscheiben, die ich mit 2 Parallelschlitzfenstern versehen und auf den Schlauch schiebe. — Diese und ähnliche Versuche erfordern weder Übung und Vorbereitung, noch verursachen sie Kosten, und machen gerade wegen ihrer Einfachheit auf die Schüler Eindruck.

6. Fr. Adami in Hof: Ein + und – Elektrophor. Man verschaffe sich eine kreisrunde Glasplatte, die in den Teller des Kautschukelektrophors paßt. Die Glasplatte wird mäßig erwärmt und dann auf einer Seite mit Celluloidlack (im Handel unter dem Namen Zapon bekannt) übergossen. Dieser Lack trocknet rasch und hat die Eigenschaft vollständig farblos zu sein, sodaß man nicht erkennen kann, daß an der Glasplatte eine Veränderung vorgenommen wurde. Peitscht man nun die nicht mit Zapon übergossene Seite der Glasplatte mit einem Stück Seidenzeug, so wird die Glasplatte auf beiden Seiten positiv und das Seidenzeug negativ elektrisch. Schlägt man dagegen die mit Zapon übergossene Seite der Glasplatte mit dem Seidentuch, so wird die Glasplatte auf beiden Seiten negativ und das Seidentuch positiv elektrisch.

Legt man jetzt die Glasplatte mit der lackierten Seite nach oben in den Teller des Elektrophors und schlägt sie mit dem Seidentuch, so erhält man aus dem Deckel des Elektrophors in bekannter Weise positive Elektrizität. Der Apparat verhält sich wie ein Kautschukelektrophor und die Funken erreichen eine Länge von 20—30 mm.

Bringt man dagegen die Glasplatte so in den Teller, daß die unlackierte Seite nach oben gerichtet ist, und verfährt wie vorher, so erhält man aus dem Deckel negative Elektrizität.

Setzt man die ganze Elektrophoreinrichtung auf drei trockene Porzellanisolatoren, so kann man im ersten Falle aus dem Teller 10 mm lange Funken ziehen und zwar erweist sich der Teller als negativ elektrisch, während er im zweiten Falle positiv elektrisch erscheint.

Zum Schlusse sei noch angegeben, daß, wenn man auf die Kautschukplatte eines Elektrophors einige Tropfen Olivenöl gießt und mit einem Flanelllappen verreibt, der Deckel des Elektrophors Funken bis zu 50 mm Länge liefert.

7. Fr. Schütz in Cuxhaven: Mehrverbrauch von Zink im geschlossenen Element. Der in dieser Zeitschrift gebrachte Bericht über einen elektrochemischen Versuch von E. Grimsehl veranlaßt mich eine ähnliche Versuchsanordnung mitzuteilen, die ich vor einiger Zeit konstruiert habe. Um den Mehrverbrauch von Zink im geschlossenen Element in kurzer Zeit nachzuweisen, benutze ich eine der bekannten kleinen mit Hornschalen versehenen Wagen, die mit einer im folgenden beschriebenen Vorrichtung versehen wird. Man schneidet aus dünnem Kupfer- und Zinkblech zwei gleiche Plattenpaare von 2×3 cm Seite, lötet an eins der Kupferbleche einen Kupferdraht, biegt ihn zu einer Öse und sein Ende zu einem Haken, in den man ein durchlochtetes und amalgamiertes Zinkblech hängt. Die Amalgamierung sorgt für genügenden Kontakt. Die beiden übrigen Platten werden ebenfalls durchlocht und in einen Haken gehängt, der aus einer Kapillare in nebenstehende Form gebogen wird. Die Plattenpaare werden nun mittels sehr dünner ca. 8—10 cm langer Kupferdrähte an die Haken des Wagebalkens, von dem man die



Hornschaalen entfernt hat, gehängt und in zwei Gefäße mit verdünnter Schwefelsäure gleicher Konzentration ganz eingetaucht, sodaß das Niveau der Flüssigkeit die dünnen Drähte durchschneidet. Schließlich wird das Ganze durch einen Reiter aus Kupferdraht von passendem Gewicht, den man auf den Wagenbalken setzt, ins Gleichgewicht gebracht. Schon nach wenigen Minuten bemerkt man, daß die Seite des geschlossenen Elements sich hebt und wieder durch Verschieben des Reiters äquilibrirt werden kann, bis der Vorgang sich wiederholt. Sind die Zinkplatten verbraucht, so ist nur nötig, ein Paar neue amalgamierte in die beiden Haken zu hängen, und der Apparat ist wieder gebrauchsfähig.

Für die Praxis.

Billige Projektionsbilder. Von Gg. Heinrich in Neustadt a. d. H. Im vorigen Jahrgang dieser Zeitschrift (S. 350) ist darauf hingewiesen, daß sich auf Pauspapier billige Projektionsbilder herstellen lassen. Ich habe dieses Verfahren bereits früher angewendet, war aber mit den dabei erzielten Resultaten nicht zufrieden; das Licht wird doch durch das Papier sehr gedämpft. Folgende Methode, bei der allerdings das Bild einige Pfennige mehr kostet, habe ich dagegen für sehr gut befunden. Man nimmt alte oder durch Belichtung unbrauchbar gewordene photographische Platten, fixiert dieselben (ohne sie zu entwickeln!) und schneidet sie mit dem Diamanten in passende Größe. Dadurch erhält man Glasplatten, die mit einer dünnen, vollständig durchsichtigen Gelatineschicht überzogen sind. Auf diese Gelatineschicht läßt sich mit Tinte oder Tusche recht gut zeichnen, ebenso kann man Farben auftragen.

Die so erhaltenen Bilder haben vor den Bildern auf Pauspapier entschiedene Vorzüge. Erstens ist der Grund, abgesehen von geringer Färbung, so gut wie völlig durchsichtig; ein Vorteil, der auch beim Durchzeichnen ins Gewicht fällt, da keinerlei Einzelheiten der Vorlage verdeckt werden. Zweitens werfen sich diese Bilder nicht, was bei Bildern auf Pauspapier nicht ausgeschlossen ist, trotz der Rahmen. Die Mühe des Rahmenschneidens fällt zudem weg.

Ein großer Nachteil ist freilich der, daß man nicht immer unbrauchbare Trockenplatten zur Verfügung hat und die neuen zu teuer kommen. Dem läßt sich jedoch leicht abhelfen. Man löst käufliche Gelatine in Wasser unter Erwärmen auf ungefähr 40° und filtriert die so erhaltene Lösung. Ein bis zwei Tafeln auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ l Wasser genügen für eine größere Zahl von Platten. Mit der filtrierten Lösung übergießt man dann die zurechtgeschnittenen und gut gereinigten Glasplatten. Man erhält so eine völlig durchsichtige Schicht, welche nach dem Trocknen recht gut Tinte und Farben annimmt. Da das Erstarren der Schicht rasch vor sich geht, so kann man bereits 5 bis 10 Minuten nach dem Gießen der Platten mit dem Zeichnen beginnen. Die nicht verbrauchte Gelatinelösung erstarrt bald zu einer gallertartigen Masse. Diese kann man aufbewahren und bei Bedarf durch Erwärmen auf 30 bis 40° schmelzen, sodaß sich im Notfall in zehn Minuten eine Platte für eine zu projizierende Zeichnung herstellen läßt. Vor den fixierten Trockenplatten haben die in dieser Weise hergestellten Platten den Vorzug der Farblosigkeit.

Sollen die Bilder nicht aufbewahrt werden, so kann man die Glasplatten durch entsprechendes Wässern von ihrer Zeichnung samt der alten Gelatineschicht befreien und so von neuem benützen.

Schmieröl für Kreiserversuche. Von A. Weinhold in Chemnitz. Beim Gebrauche des Kreisels zum Nachweise des Beharrungsvermögens (Dem. 3. Aufl. S. 62) hat sich gezeigt, daß ein für den Gebrauch von Metall auf Metall ganz gut brauchbares, mineralöhlhaltiges Schmieröl ganz regelmäßig ein Einschleifen der stählernen Kreiselachse in das Achatschälchen veranlaßte, sodaß die Versuchsdauer verkürzt wurde und das Schälchen nach jedem Versuche neu ausgeschliffen werden mußte; reines, mineralölfreies Baumöl zeigt den Übelstand nicht und ist deshalb für den Versuch allein brauchbar.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Die Kondensatormaschine. Von H. WOMMELSDORF. (*Ann. der Physik* 9, 651; 1902). Statt der sehr umfangreichen und schwer zu montierenden mehrplattigen Influenzmaschine hat der Verf. eine Maschine konstruiert, welche die Mängel der ersteren vermeidet und die Erzeugung erheblich grösserer Elektrizitätsmengen gestattet. Da das Prinzip des Kondensators dabei angewandt wird, ist der am Eingang erwähnte Name gewählt worden. Die Kondensatormaschine (in Fig. 1 von der Seite, in Fig. 2 in Querschnitt und Aufsicht dargestellt)

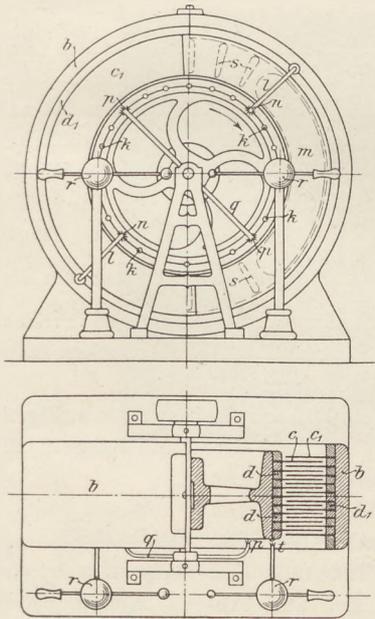


Fig. 1 und 2.

besitzt 10 feststehende „Erregerscheiben“ und zwischen diesen 9 bewegliche „Ankerscheiben“. Die Ankerscheiben c sind auf der Außenseite eines, nach Art einer Riemenscheibe gebildeten drehbaren Ebonitzylinders angebracht und werden durch Ebonitrings d in festen Entfernungen von einander gehalten; die Erregerscheiben c_1 sind ebenso auf der Innenseite eines konzentrisch zu dem vorigen gelegenen festen Ebonitzylinders b zwischen Ebonitrings d_1 befestigt. Es folgen also immer eine feste Erregerscheibe und eine bewegliche Ankerscheibe auf einander; bei Drehung des inneren Zylinders werden die Ankerscheiben zwischen den Erregerscheiben bewegt. Jede Ankerscheibe besteht aus zwei aufeinander gelegten kartondicken Ebonitscheiben f (Fig. 3), die durch eine große Zahl (nicht unter 30) schmaler Sektoren h aus dünnem Metallblech mit scharfen Kanten von einander getrennt sind; die Sektoren laufen nach innen in schmale Streifen i aus,

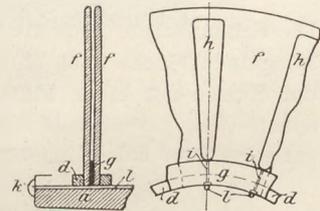


Fig. 3.

die durch parallel zur Achse gestellte Drähte mit einem Ring blanker Metallknöpfe k auf der Seitenfläche der rotierenden Trommel in Verbindung stehen. Bei der Drehung streichen die Bürsten p eines Querkonduktors q über die Knöpfe und polarisieren die Ankerscheiben.

Die Erregerscheiben bestehen ebenfalls aus je zwei dünnen Ebonitscheiben, zwischen denen zwei einander gegenüberliegende Papierbelegungen (m in Fig. 1) angebracht sind; diese sind durch eine metallische Verlängerung und durch einen auf der äußeren Zylinderfläche b hinlaufenden Metallstreifen mit zwei Bürstenträgern l verbunden, deren Bürsten n (Fig. 1) die Kollektorknöpfe unter 90° zu den vorigen Bürsten streifen. Die von den Papierbelegungen der Erregerscheiben abgestoßenen gleichnamigen Elektrizitäten in den Ankerscheiben werden durch die Kollektorknöpfe und von diesen durch ein drittes Paar Bürsten t (Fig. 2) in die einander gegenüberstehenden Metallelektroden r getrieben, zwischen denen sich bald ein kräftiger Funkenstrom entwickelt.

Die Metallsektoren haben zugleich das Amt der Saugkämme der Influenzmaschine und werden am besten nicht aus Stanniol, sondern aus etwas dickerem Metallblech hergestellt, sodaß sich zwischen den beiden Scheibenhälften außerhalb der Sektoren ein schmaler Luft-raum bildet, von dem aus das sich bildende Ozon nach außen getrieben wird und eine gleichzeitig eintretende Luftverdünnung das Ein- und Ausströmen der Elektrizität aus den Sektoren befördert, während durch die ringsumgeschlossene Form der Maschine das Ausströmen in die Luft verhindert wird. Noch geeigneter als die schmalen Metallsektoren erweisen sich dünne, mit baumartig verästelten Kämmen verbundene Metallstreifen. Der Vorteil liegt hier

nicht in der Vermehrung der Spitzen und Kanten, sondern in der geringeren Oberfläche, mit der eine Vermehrung der Elektrizitätsmenge verbunden ist.

Es kann auch die Einrichtung getroffen werden, daß die Erregerscheiben sich in entgegengesetzter Richtung drehen wie die Ankerscheiben, oder daß statt der Scheiben Zylinder treten. Ein kleines Modell der beschriebenen Art von 24 cm Ankerscheibendurchmesser, 30 cm Höhe, 28 cm Länge und 22 cm Breite lieferte eine größere Elektrizitätsmenge als die größte Influenzmaschine und war zu allen Versuchen mit hohen Spannungen außerordentlich geeignet. Zur Verringerung der Ausstrahlung und Erhöhung der Schlagweite wurden bei einer neueren Konstruktion der Maschine die Kollektorknöpfe auf dem größeren Umfang einer besonderen Ankerscheibe angeordnet. — Die Maschine kann von der Firma Dr. Rudolf Franke & Co. in Hannover bezogen werden.

Schk.

Ein neues Geradsichtprisma und ein neues Flüssigkeitsprisma. Von W. VOLKMANN (*Ann. der Physik*, 8, 455; 1902). Das Geradsichtprisma besteht aus einem fünfseitigen Glasstück, von dem nur vier Seiten eben zu schleifen sind. Der Gang der Lichtstrahlen ist aus Fig. 1 zu ersehen: die bei a eintretenden Strahlen werden an den versilberten Spiegelflächen c und b reflektiert und treten bei d aus. Bedingung der Geradsichtigkeit ist, daß der Winkel zwischen den brechenden Flächen gleich dem doppelten des Einfallswinkels i ist. Die größte Ausnutzung des Glaskörpers tritt ein, wenn der Strahl ac der Fläche d parallel ist. Dieses ist der Fall, wenn $2i = r + \frac{\pi}{2}$, woraus sich nach dem Snelliusschen Gesetz $\sin i = (1 + \sqrt{8n^2 + 1})/4n$ ergibt. Die optische Wirkung ist gleich der eines dreiseitigen Prismas von dem brechenden Winkel $2r = 4i - \pi$, d. h. für Flintglas etwa 65° . Taschenspektroskope mit dem beschriebenen Prisma werden von R. Magen in Berlin hergestellt.

Die zweimalige Spiegelung wird auch benutzt bei dem Flüssigkeitsprisma (Fig. 2). Die Seitenflächen eines dreikantigen Glaskastens werden mit Silber- oder Platinspiegeln, die spiegelnde Fläche nach oben, belegt. Der Gang der Lichtstrahlen, wenn der Kasten mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, ist klar. Die bei anderen

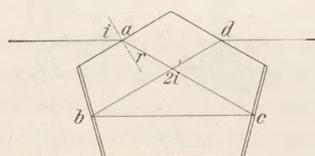


Fig. 1.

Flüssigkeitsprismen so störende Absorption durch die durchsichtige Wand fällt hier fort. Das Prisma empfiehlt sich zur Projektion von Spektren, namentlich auch des ultraroten (Füllung mit Schwefelkohlenstoff u. a.) und ultravioletten (mit Monobromnaphthalin) Teils, wobei man also die

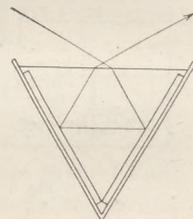


Fig. 2.

teuren Bergkristall- und Steinsalzprismen ganz vermeiden kann. Zum Ersatz für die bildentwerfende Linse kann an Stelle der ersten Spiegelfläche ein aus einem versilberten Uhrglase hergestellter Hohlspiegel angewandt werden. Als Lichtquelle ist ein mit elektrischem Bogenlicht beleuchteter Spalt oder auch eine schmale Azetylenflamme zu benutzen.

Schk.

Tropfenbildung bei Rauch. Sehr interessante Versuche hierüber veröffentlichten THIEL und ABEIG in *Phys. Zeitschr.* IV, 129–132, 1902. Anlaß hierzu gab die Beobachtung, daß bei einem Versuche, die Grenze zwischen Luft und CO_2 durch Tabaksrauch zu kennzeichnen, dieser sich in ein Haufwerk kugelförmiger Gebilde auflöste.

Zu den in Rede stehenden Versuchen benutzten die Verfasser einen geräumigen Glaskasten mit ebener Decke, die in ihrer Mitte eine kreisförmige Öffnung besaß. Diese Öffnung konnte mittels eines Schiebers verkleinert oder ganz geschlossen werden; über ihr wurde der Rauchentwicklungsapparat aufgestellt, bestehend aus einem Glaszylinder mit gut eingepaßtem luftdicht schließenden Stempel, der mit zwei Durchbohrungen zur Aufnahme von zwei Glasröhren versehen war, mit denen je eine, konzentrierte HCl - bzw. NH_3 -Lösung enthaltende, Waschflasche verbunden war. Die Gasströme wurden so reguliert, daß äquivalente Mengen von NH_3 und HCl verdampften; die Gaseinleitungsröhren der Waschflaschen tauchten gerade in die Flüssigkeit ein. Hebt man nun bei geschlossenem Schieber den Stempel, so füllt sich der Zylinder mit Rauch, den man nach Öffnung des Schiebers durch Niederdrücken

des Stempels in den Glaskasten befördern kann. Durch Änderung der Konzentration der Flüssigkeiten kann man Rauch von verschiedener Dichte erzeugen. Ebenso kann man auch andere Gase mit Rauch sättigen. Die angestellten Versuche ergaben folgendes:

Luftrauch in Kohlendioxyd; Stempel mäßig rasch niedergedrückt: Bildung einer kompakten Rauchmasse an der Oberfläche des Kohlendioxyds, die in langsam herabfallende, sich teilende Kugeln zerfällt.

Wasserstoffrauch in Luft oder Kohlendioxyd; Stempel wie vorher bewegt: Tropfenbildung rascher, Tropfen kleiner. Ganzer Verlauf schneller.

Luftrauch in Wasserstoff; Schieber voll geöffnet: Rasches Hinabstürzen des Rauches ohne bemerkenswerte Erscheinung.

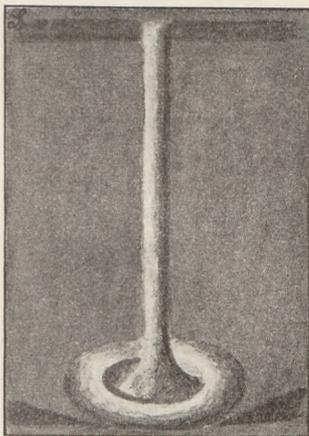


Fig. 1.

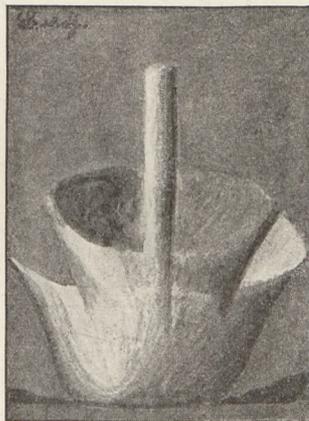


Fig. 2.

Luftrauch in Wasserstoff; Schieber wenig geöffnet: Gerade bis zum Boden fallender Rauchstrahl beim Auftreffen einen sich später verdichtenden und aufstülpenden Wulst bildend.

Die letzte Erscheinung ist in beistehenden Fig. 1 und 2 dargestellt (nach *Phys. Zeitschr.*, a. a. O. Fig. 5 u. 6). Ähnliche Gebilde sind bei Flüssigkeitswirbeln schon von P. Czermak und Mark (*Wied. Ann.*, LXVIII, 183; 1899), bei Gaswirbeln von P. Czermak (*Wied. Ann.*, I, 329; 1893. — Müller-Pouillet, 9. Aufl., II, 2, 617) und Vettin (*Pogg. Ann.*, CII, 246; 1857) beobachtet.

Die beschriebenen Erscheinungen erklären die Verfasser durch Diffusion. Der Chlorammoniumrauch bewegt sich mit demjenigen Gase, an dem er die stärkere Reibung erleidet, d. h. mit dem schwereren. In den schwereren Rauch wird das umgebende leichtere Gas schneller hinein, als das schwerere hinausdiffundieren, daher das in den Figuren zur Darstellung gebrachte Anschwellen.

B. v. Czudnochowski.

Neue Seilwellenversuche. VON WILHELM VOLKMANN (*Natur und Schule* I, 273—281, 342 bis 350; 1902). Bei der außerordentlichen Bedeutung, welche die Wellenlehre für die gesamte Physik gewonnen hat, ist man seit geraumer Zeit bemüht gewesen, das Verständnis der Wellenerscheinungen nach Möglichkeit zu erleichtern, und hat zu diesem Zweck eine große Zahl sogen. „Wellenmaschinen“ konstruiert. Abgesehen von ihrem hohen Preise ist aber der Nutzen dieser Vorrichtungen dadurch beschränkt, daß es sich bei ihnen meist nur um eine Nachahmung der Form der Erscheinungen, nicht um die wirkliche Erzeugung von Wellen handelt. Ein einfacher und leistungsfähiger Ersatz für diese Maschinen, welcher die mannigfachen Erscheinungen wirklicher Wellen übersichtlich und deutlich zu zeigen gestattet, wäre daher im Interesse des physikalischen Unterrichts willkommen zu heißen. Anscheinend ist nun die Auffindung eines solchen Ersatzes Herrn W. VOLKMANN (Assistenten am physik. Institut der landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin) gelungen.

Herr VOLKMANN bedient sich der Seilwellen, die er zuerst an bleistiftstarken Gummischläuchen erzeugte; diese werden in einfachster Weise mittels Drahtbaken zu beliebigen Längen zusammengefügt, ja man kann sie um Ecken führen, indem man in der Verlängerung der Winkelhalbierenden (des kleineren Winkels) einen Zwirnsfaden anbringt, und es bietet dieses „Um-die-Ecke-führen“, da es dem dahinter liegenden Seilteile nur geradlinige Bewegung in einer Richtung gestattet, die Möglichkeit, die Polarisation zu zeigen. Es lassen sich ferner auch Gabelungen herstellen, doch sind solche Gummischläuche trotz Aufbewahrung in Terpentinampf auf die Dauer nicht haltbar, und es mußte daher nach einem Ersatz gesucht werden, welcher in besonders für diesen Zweck hergestellten Stahldrahtspiralen besteht. Aus solchen werden ebenso, wie vorher beschrieben, beliebige Längen zusammengesetzt; gebraucht werden leichte und schwere Spiralen, für Gabelungen ist notwendig, daß die beiden Stücke der Gabel nicht nur gleiche Länge, sondern auch gleiche Schwingungsdauer haben, was durch Versuch festzustellen ist. Zu diesem Zwecke werden die beiden miteinander zu vergleichenden Stücke zu einem zusammengesetzt, dieses mit solcher Spannung, wie man sie nachher auch bei den Hauptversuchen anwendet, wagerecht ausgespannt und nun eine stehende Welle mit einem Knoten in der Mitte (eine ganze Wellenlänge) erzeugt; trifft hierbei der Knoten mit dem Vereinigungspunkt der beiden Stücke ziemlich genau zusammen, so sind beide Stücke als Zweige einer Gabelung verwendbar. Die Befestigung der „Seile“ geschieht an Haken, die jedoch so eingerichtet sein müssen, daß kein wenn auch noch so geringes Gleiten des Seilendes in ihnen beim Schwingen auftreten kann, da sonst durch die dadurch verursachten Störungen die Versuche unrein werden. Die Haken werden nach Bedarf in passender Höhe an der Wand angebracht, oder auf Stützen, als welche man am besten dreibeinige Stative benutzt (wie sie billig in photographischen Handlungen zu haben sind), wenn jedes Bein mit 2 kg beschwert wird. Die Erregung der Schwingungen kann durch Zupfen, Schlagen oder stoßartiges Drücken erfolgen; sollen sie längere Zeit unterhalten werden, so geschieht dies am einfachsten mit der Hand, man kann sich aber auch besonderer Vorrichtungen bedienen. Bei Erregung mit der Hand hält diese entweder selbst das eine Seilende, oder dieses ist ebenfalls fest und man bewegt das Seil nahe diesem Ende; in jedem Falle sind, wegen der Nähe eines Knotens, die Bewegungen der Hand nur gering zu halten und ist ganz besonders auf den richtigen Takt der Bewegungen zu achten, der besonders eingeübt werden muß. Die anzustellenden Versuche sind folgende:

1. Fortpflanzung und Zurückwerfung. a) Man vereinigt etliche m gleichartiger Spirale zu einem Stück, befestigt dessen eines Ende am Boden und hebt das andere soweit, daß noch reichlich $\frac{1}{3}$ der ganzen Länge auf der Erde liegt. Bei gleichmäßigem Auf- und Niederschwingen des gehobenen Endes entsteht eine fortschreitende Welle, welche infolge der starken Dämpfung durch das Aufliegen auf dem Boden nicht reflektiert wird. b) Ca. 5 m ziemlich schwerer Spirale werden mit 1 m Durchhang zwischen zwei Haken wagerecht ausgespannt. Bei kurzem, stoßartigem Druck mit einem leichten Stabe ~ 10 cm von einem Ende sieht man ein einziges Wellental von 5 \div 10 cm Tiefe und ~ 1 m Länge über das Seil hinlaufen und einen entsprechenden Wellenberg zurückkommen. c) Man befestigt das eine Ende des Seiles mittels eines 1 oder 2 m langen Zwirnsfadens am Haken; bei Zurückwerfung an diesem freien Ende bleiben Berg und Tal unverändert. Die Erscheinung ist bei richtiger Ausführung des Schläges noch nach der sechsten Zurückwerfung deutlich. d) Ein Seil wird aus einer schweren und einer leichten Spirale zusammengesetzt: wird am festen Ende des leichten Stückes eine fortschreitende Welle erzeugt, so wird diese zum Teil mit Umkehrung von Wellenberg in Wellental am Ende des schwereren Stückes zurückgeworfen, zum Teil in jenem regelmäßig fortgepflanzt. — (Folgerung aus den Versuchen: Die Fortpflanzung der Wellen ist ein Vorgang, der gleichen Gesetzen gehorcht, wieder elastische Stoß. Hinweis auf den Einfluß des Gewichtes der benutzten Spiralen.)

2. Interferenz und stehende Wellen: a) Man spannt wieder einige m gleichartiger Spirale wagerecht — nicht zu straff, siehe oben — zwischen zwei Haken aus; klopf

man dauernd mit allmählicher Änderung des Taktes auf das eine Ende des Seiles, so zeigt sich zunächst ein allgemeiner Wirrwarr von Schwingungen, aus dem sich dann scharf und klar schließlich eine stehende Schwingung löst. b) Man führt drei bis vier rasch aufeinanderfolgende Schläge gegen das eine Seilende; es entsteht ein über das Seil hinlaufender Wellenzug, bei dessen Zurückwerfung am anderen Ende sich regelmäßig stehende Wellen ausbilden. c) Man befestigt wieder das eine Ende mit Zwischenschaltung eines hinreichend langen Zwirnsfadens am Haken; an diesem — freien — Ende bildet sich dann ein Schwingungsbauch (Vergleich mit einer offenen Pfeife). d) Zusammensetzung des Seiles aus leichter und schwerer Spirale gestattet die Bestimmung des Gesetzes der Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Zu dem Zwecke werden zwei gleich lange, ein leichtes und ein schweres Stück, zusammengefügt und nun eine stehende Welle mit zwei Knoten erzeugt — beide Enden unmittelbar am Haken befestigt —; dann fällt die Zusammensetzungsstelle ohne Störung in einen Bauch — den mittleren —, die scharf ausgeprägten Knoten zeigen aber eine verschiedene Länge der beiden äußeren Bäuche. Läßt man nun durch Schüler die Lage der Knoten durch ein Lot auf den Fußboden übertragen und danach die Länge der äußeren Bäuche ausmessen, stellt man sodann durch Wägen der benutzten beiden Spiralen das Verhältnis ihrer Gewichte für gleiche Längen fest, so erhält man das Gesetz, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit umgekehrt proportional der Quadratwurzel des Seilgewichtes ist. e) Man setzt das Seil zu $\frac{2}{3}$ aus einfacher, den Rest aus 2, 3 oder 4 nebeneinander — schwach divergierend — liegenden gleichartigen — z. B. leichten — Spiralen zusammen,

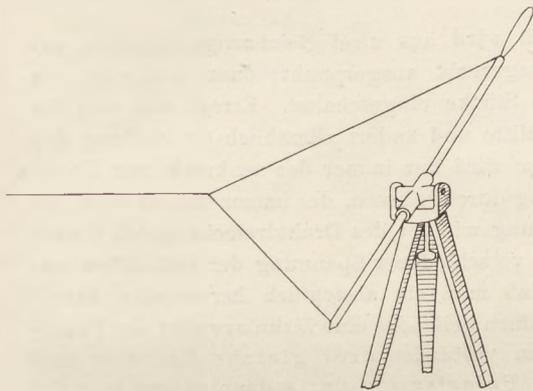


Fig. 1.

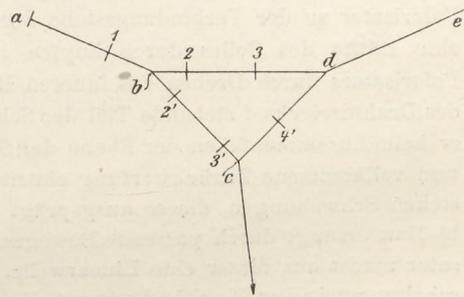


Fig. 2.

und läßt für jeden Fall wieder die Knotenabstände, wie vorher angegeben, messen; die Spannung in jedem Zweige des mehrfachen Stückes ist dann bezw. $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ von der im einfachen Teile des Seiles und die Messung ergibt für die Knotenabstände ziemlich genau die Quadratwurzeln aus den Spannungsverhältnissen — bezw. 1,4, 1,75 und 2,0. f) Zur Hervorbringung von Interferenz zweier entgegengesetzter Wellen dient der sogen. „Schwingungshebel“ (Fig. 1). Drei Seilstücke gleicher Beschaffenheit werden sternförmig aneinandergesetzt, eines an einem festen Haken, die beiden anderen am Schwingungshebel befestigt; bei guter Übung kann man auf diese Weise Schwingungen von 60 ÷ 80 cm Weite erzielen, ohne daß sich irgend welche Bewegung im dritten Seilast zeigt. Eine interessante Abänderung zeigt Fig. 2; hier gehen die Schwingungen von *a* aus, 1—2—2'—3—3'—4' sind die besten Knotenlagen, bei *c* ist das System durch einen Zwirnsfaden gehalten, *d**e* bleibt infolge der Interferenz der Wellen bei *d* vollkommen in Ruhe: Die Interferenz kommt hier durch Wiedervereinigung zweier über verschieden lange Wege geführten Teile einer Welle zu stande. Dieser Versuch gelingt nur bei sehr sorgfältiger Vorbereitung (Analogien in der Optik).

3. Polarisation. Bei all den beschriebenen Versuchen erhält man fast niemals eine reine, streng geradlinige, sondern stets eine mehr oder weniger deutlich drehende Seilbewegung. Erregt dies bei aufmerksameren Schülern durch Verschleierung des reinen

Wellencharacters der Bewegung Bedenken, so ist darauf hinzuweisen, daß bei der drehenden Bewegung die allseitige Beweglichkeit des Seiles voll ausgenutzt ist, daß hier also der allgemeinste Fall vorliegt, und sich demnach eine reine lineare Wellenschwingung aus einer zirkularen herauschälen lassen muß. Da nun jedes Seilteilchen seine Bewegung vom benachbarten erhält, so muß die Beschränkung der Beweglichkeit eines solchen Teilchens auch die gleiche Bedeutung für alle in der Fortpflanzungsrichtung der Schwingung folgenden

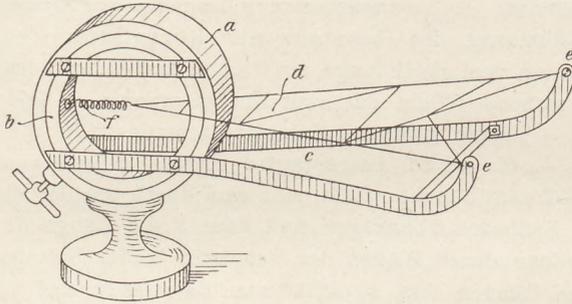


Fig. 3.

Teilchen haben; eine solche Beweglichkeitsbeschränkung erzielt man durch eine Vorrichtung Fig. 3. Ein mit einem Fuße versehener Ring *a* umschließt einen in ihm drehbaren zweiten *b*, an den zwei weit ausladende Arme *c* angeschraubt sind; ein leichtes und doch steifes gleichschenkelig dreieckiges Drahtgefüge *d* ist mit den Fußpunkten *e* seiner Schenkel in den Enden dieser Arme gelagert, während seine in der Ringmitte befindliche Spitze von einer

Spannfeder *f* gehalten wird. Diese Vorrichtung bildet einen Polarisator. (Vergl. auch Macé de Lépinay, ds. Ztschr. II, 87; 1888).

Die Versuche sind folgende: a) Ein Seil wird aus zwei gleichartigen Spiralen zusammengesetzt und mit mäßiger Spannung wagerecht ausgespannt; dann erst wird ein Polarisator an der Verbindungsstelle der beiden Stücke eingeschaltet. Erregt man nun die eine Hälfte des Seiles durch Zupfen in der Mitte und ändert allmählich die Stellung des Polarisators durch Drehen des inneren Ringes, so wird nur immer der senkrecht zur Ebene des Drahtdreiecks *d* stehende Teil der Schwingung durchgelassen, der immer kleiner wird, bis er beim Zusammenfallen der Ebene der Schwingung mit der des Drahtdreiecks gleich 0 wird und vollkommene Zurückwerfung eintritt. (Bei verschiedener Spannung der Seilhälften entstehen Schwebungen, die so ausgeprägt sind, daß man sie absichtlich hervorrufen kann.) b) Man erzeugt durch passende Bewegung des einen Seilendes eine Zirkularwelle; der Polarisator macht aus dieser eine Linearwelle. c) Man verbindet drei gleiche Spiralen und schaltet an jeder Verbindungsstelle einen Polarisator ein; sodann stimmt man die Enden auf die Mitte ab, indem man die Polarisatoren gekreuzt mit einander stellt und dann die Lage erst des einen, dann des anderen Endhakens solange verändert, bis man möglichst langsame Schwebungen zwischen jedem Ende und dem Mittelstück erhält. α) Bei paralleler Stellung beider Polarisatoren wird eine Schwingung senkrecht zu ihnen über das ganze Seil fortgesetzt; β) Aus einer zirkularen sondert der erste Polarisator eine lineare aus, die der zweite je nach seiner Stellung ganz, teilweise, oder garnicht hindurchläßt; γ) Eine lineare Schwingung in der Ebene des zweiten Polarisators kann durch Schrägstellung des ersten zum Teil durch jenen hindurchbefördert werden. d) Man stellt aus kurzen Spiralen gleicher Art eine Gabelung her und schaltet in jeden Zweig einen Polarisator, beide zueinander gekreuzt; erregt man dann im dritten Zweig durch drehende Schwingung des in freier Hand gehaltenen Seilendes eine Zirkularwelle, so erhält man in den anderen Zweigen die beiden gleichen senkrecht aufeinander stehenden Komponenten getrennt. Die Aufstellung für diesen Versuch (Fig. 4) geschieht zunächst nach Augenmaß, etwa nötige Ausgleichungen sind durch Vorversuche leicht aufzufinden; man kann sich sehr leicht auf den Versuch einüben, sodaß die Versuchsanordnung erst während des Unterrichtes aufgebaut zu werden braucht. (Will man in Rücksicht auf die Krystalloptik verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Komponenten haben, so ist hierfür am bequemsten das Verhältnis $1:\sqrt{2}$ entsprechend einem Verhältnis der Spannungen wie 1:2 zu erhalten; um hierzu die richtige Stellung der Endhaken zu finden, spannt man von dem einen Polari-

sator ein Seil aus, bestehend aus einer Länge 1 von zwei gleichen Spiralen nebeneinander und einer Länge 1,4 gleichartiger einfacher Spirale: Die Vereinigungsstelle ergibt dann die Lage des einen und nach Vertauschung beider Teile miteinander durch Umkehren des Systems auch die des zweiten Endhakens an, und zwar ist diese Lagenbestimmung um so genauer, je geringer die angewendete Spannung ist; die kurze Entfernung wird dann mit einfacher Spirale von der Länge 1, die lange mit ebensolcher von der Länge 1,4 überspannt.) e) Man läßt in der vorigen Anordnung die hinter den Polarisatoren gleiche Länge besitzenden Spiralen in ein gemeinsames Seil von der Länge 1,4 einmünden. Die zueinander senkrechten Linearschwingungen der Zweige setzen sich zu einer Zirkularwelle zusammen; da aber der Treffpunkt Knoten sein muß, so kann man mit dieser Anordnung leider keine elliptische oder schräge Linearschwingung erzeugen, sondern höchstens eine rechtsdrehende in eine linksdrehende Welle verwandeln. (Nach dem Verf. ist dieser Versuch nicht sehr zu empfehlen.) f) Man setzt ein Seil aus drei gleichartigen Spiralen zusammen, fügt an den Verbindungsstellen die Polarisatoren in gekreuzter Stellung

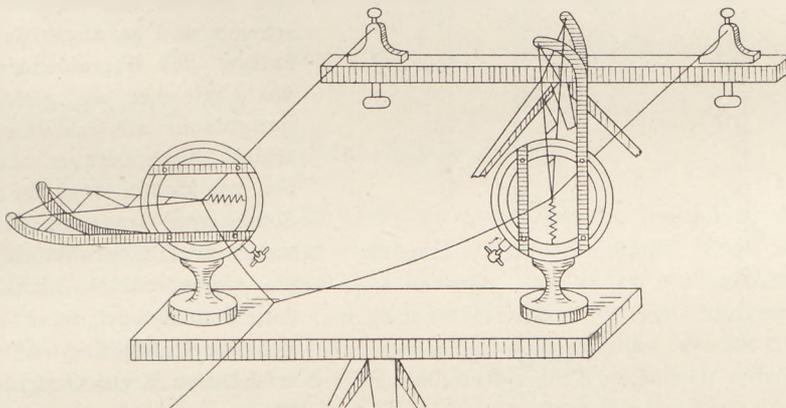


Fig. 4.

ein, und stimmt sorgfältig ab (vergl. oben 3 c). Man erregt nun zunächst in der Mitte — und damit auch in dem einen Endstück — kräftige Schwingungen in der Schwingungsebene des einen Polarisators, dann eilt man zu dem anderen — nichtschwingenden — Ende und zupft dieses senkrecht zur schon vorhandenen Schwingungsrichtung — in der Ebene des zweiten Polarisators — kräftig; trifft man dabei, was allerdings Sache des Zufalls ist, den richtigen Zeitpunkt, so erhält man im Mittelstück drehende Bewegung, was mit einem daran befestigten Papierscheibchen deutlich sichtbar gemacht werden kann. g) Spannt man zwischen gekreuzten Zwirnsfäden mit reichlichem Durchhang eine kurze Spirale aus und versetzt diese in Schwingungen schräg zu den Fäden, so sind die Grenzlagen der Bewegung zwei Schraubenlinien und die Mittellage eine Gerade, als Ergebnis der Interferenz einer rechts- mit einer linksdrehenden Schwingung. (Hinweis auf die Wirkung eines Nicolschen Prismas und doppeltbrechender Krystalle in parallelem Licht, Reflexion zirkular-polarisierten Lichtes an der Oberfläche eines Krystalles in einer Flüssigkeit, deren Brechungsindex einen Wert zwischen dem der beiden für den Krystall gültigen besitzt.)

4. Das Schwingungsgesetz. Die Zerlegung einer Zirkularwelle in, und die Zusammensetzung einer solchen aus zwei linearen, senkrecht zu einander stehenden Schwingungen zeigt, daß zwei solche Linearwellen die einzigen Bestandteile einer Zirkularwelle sind; für ein weit entferntes Auge wird demnach die Komponente senkrecht zur Schwingungsebene ebenso aussehen, wie die ganze unzerlegte Kreiswelle, ebenso einem anderen senkrecht zum ersten auf das schwingende Seil blickenden Auge die zweite — zur ersten senkrechte — Komponente; da nun die elastischen Kräfte des Seiles in allen Richtungen seines Querschnittes die gleichen sind, so handelt es sich bei einer Zirkularwelle nur um das Durchlaufen einer Kreisbahn mit gleichförmiger Geschwindigkeit seitens der schwingenden

Teilchen. Auf Grund des Gesagten erhält man leicht die Geschwindigkeiten der Teilchen bei Linearschwingungen (durch die bekannte Projektion eines Kreises auf einen seiner Durchmesser) und kann so von den Schülern selbst das Gesetz ableiten lassen.

Auch das Pendel gehorcht in seinen Schwingungen dem gleichen Gesetze; die Zusammensetzung der Kreisbewegung aus zwei einfachen Pendelschwingungen läßt sich eben-

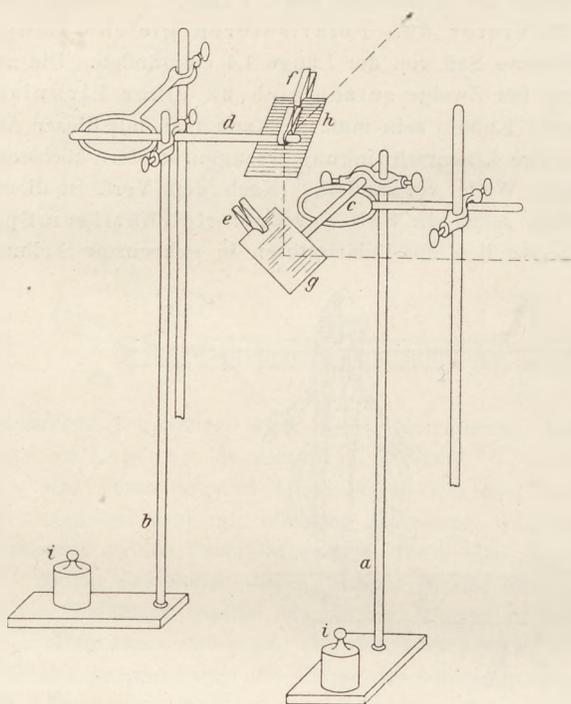


Fig. 5.

falls leicht zeigen. Man verwendet dazu als Pendel zwei gewöhnliche Bunsensche Stativsysteme *a, b* (Fig. 5), die auf Eisenstäben *c, d* rollend schwingen; an diese Eisenstäbe sind mittels einfacher Holzklammern *e, f*, wie man sie für 5 Pf. das Stück in photographischen Handlungen erhält, einfache Spiegel *g, h* befestigt. Die Stativsysteme werden mit Gewichten *i, i* beschwert und so angeordnet, daß die Spiegel sich übereinander befinden; das Abgleichen auf gleiche Schwingungsdauer wie das Verstimmen geschieht durch Zufügen oder Verschieben von Muffen längs der Stativsysteme. Sendet man dann von einem Heliostat oder einer Projektionslaterne ein engbegrenztes Lichtbündel auf den einen Spiegel, so erhält man bei richtiger Aufstellung auf der Wandtafel Linien, Kreise oder Lissajousche Figuren.

Das vollständige Instrumentarium für die beschriebenen Versuche be-

steht aus 2 Endhaken, 2 Polarisatoren, 1 Schwingungshebel, 10 je 1 m langen, und 4 je 40 cm langen, leichten, und 4 je 1 m langen, schweren Spiralen, und ist von Mechaniker Beck (Rummelsburg bei Berlin, Hauptstraße 4) zum Preise von 30 Mark (ohne Verpackung) zu beziehen. Dreibeinige Stativsysteme sind für 3 Mark in photographischen Handlungen zu haben.

W. B. von Czudnochowski.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Temperaturänderungen in auf- und absteigender Luft. Von F. RICHARZ. (Einladungsschrift zum Rektoratswechsel, Marburg, 1902). In der freien Atmosphäre ist die Temperatur in der Höhe niedriger als in der Nähe des Bodens; trotzdem kann stabiles Gleichgewicht vorhanden sein, da die unteren — wärmeren — Schichten unter höherem Drucke stehen als die oberen, oder anders ausgedrückt: „Kältere Luft in der Atmosphäre kann spezifisch leichter sein als wärmere!“ Für Bestimmung der Stabilität des Gleichgewichtes ist aber in Betracht zu ziehen, daß gleichzeitig mit den Veränderungen der Höhenlage auch solche der Dichtigkeit stattfinden, und daß hiermit infolge der geringen Wärmeleitfähigkeit der Luft nahezu den bei adiabatischen Zustandsänderungen statthabenden gleiche Temperaturänderungen verknüpft sein werden. Ein stabiler Gleichgewichtszustand wird daher dann vorhanden sein, wenn eine durch irgend einen Anlaß zum Aufsteigen gebrachte Luftmasse sich durch die Druckverminderung während des Aufstieges adiabatisch soweit abkühlt, daß sie am Ende ihres Aufstieges schwerer ist als die sie dann umgebende Luft. Ein solches Luftvolumen sinkt dann wieder herab, den ursprünglichen Zustand wiederherstellend, wird aber nun während des Sinkens durch Kompression soweit erwärmt, daß es, in der Tiefe wieder ange-

langt, nunmehr wärmer ist als die dortige Luft, demnach von neuem emporgetrieben wird. Hat die Temperatur in der Höhe einen Wert gleich dem der adiabatischen Abkühlung beim Aufsteigen entsprechenden, so ist ein indifferenten Gleichgewichtszustand vorhanden; ist die Luft in der Höhe dagegen kälter, so ist der Zustand labil: eine aufsteigende Luftmasse wird, oben angelangt, beschleunigt weiter steigen, eine sinkende, immer wärmere Schichten vorfindend, weiter sinken. Einen solchen Zustand nun, bei welchem dauernd auf- und absteigende Luftströme vorhanden sind, die Temperaturen in den diese Strömungen begrenzenden Höhenschichten übereinstimmen mit denen, welche die auf- bzw. absteigenden Luftvolumina infolge adiabatischer Zustandsänderung während ihres Weges annehmen, nennt W. Thomson (Lord Kelvin) das „konvektive Gleichgewicht der Atmosphäre“.
(*Mem. of the Phil. Soc. of Manchester. III. Ser., vol. II, 126, 1862.*)

Die Temperaturabnahme mit der Höhe läßt sich nun nach den Hauptsätzen der Thermodynamik berechnen, und zwar ergibt sich, wenn ϑ die absolute Temperatur, x die Höhenlage der betrachteten Luftschicht, g die Schwerebeschleunigung, J das mechanische Wärmeäquivalent und c_p die spezifische Wärme der Luft bei konstantem Druck ist, für trockene Luft:

$$\frac{d\vartheta}{dx} = -\frac{g}{J \cdot c_p} = -\frac{1}{424 \cdot 0,2375} = -0,0099^\circ \text{ für 1 m.}$$

Ebenso folgt für feuchte Luft:

$$\frac{d\vartheta}{dx} = -0,0098^\circ \text{ für 1 m.}$$

Konvektives Gleichgewicht ist, wie aus dem Gesagten ersichtlich, nur möglich bei dauerndem Vorhandensein auf- und absteigender Luftströmungen. Diese würden aber in der Atmosphäre bald aufhören, wenn nicht dauernd oder stetig wiederkehrend sie veranlassende Ursachen wirksam wären. Die geringe vorhandene Wärmeleitung sowie die namentlich in feuchter Luft sehr merkliche Absorption der Sonnenstrahlen werden ferner bewirken, daß die tatsächlichen Verhältnisse den theoretischen nicht vollkommen entsprechen. Trotzdem haben Beobachtungen eine ziemlich gute Übereinstimmung ergeben.

Die in der Nähe der Erdoberfläche durch Verdunstung von Fluß und Meer stark mit Feuchtigkeit beladene Luft verliert diese Feuchtigkeit durch Kondensation um so mehr, je höher sie hinaufsteigt. Hohe Schichten der Atmosphäre werden also vergleichsweise trocken sein und daher, vorausgesetzt, daß man ihren Zustand einer unmittelbaren Prüfung unterziehen kann, von den theoretisch zu erwartenden nur wenig abweichende Verhältnisse zeigen. Diese hohen Schichten der Atmosphäre sind nun durch den Luftballon zugänglich und bei einer großen Zahl von Fahrten angestellte Beobachtungen haben zu folgenden Ergebnissen geführt (*Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 5. Mai 1900. — Meteorol. Zeitschr. 1900, S. 382*):

0 ÷ 1000 m	1000 ÷ 2000	2000 ÷ 3000	3000 ÷ 4000	4000 ÷ 5000	5000 ÷ 6000	6000 ÷ 7000	7000 ÷ 8000	8000 ÷ 9000
— $\Delta t = 0,50$	0,50	0,54	0,53	0,64	0,69	0,68	0,67	0,90
— $\Delta t' = 0,61$	0,54	0,54	0,54	0,64	0,69	0,68	0,72	0,90

Hierin ist — Δt die Temperaturabnahme für 1 m Höhenunterschied, erhalten aus allen Fahrten — $\Delta t'$ die unter Ausschluß derjenigen Fahrten erhaltene, bei denen zeitweilig ein Anstieg der Temperatur mit der Höhe, also eine „Temperaturumkehr“ stattfand.

Ähnliche Verhältnisse finden auch beim Föhn statt; hier steigt eine Luftmasse an der Südseite der Alpen auf, um an der Nordseite wieder herabzugehen. (*Sprung, Lehrbuch der Meteorologie, S. 185.*) Angestellte Messungen von Hann haben nun im aufsteigenden Strome eine Temperaturabnahme von nur 0,004 bis 0,005° C. für 1 m Höhenunterschied, im absteigenden Strome dagegen eine Temperaturzunahme von 0,0092 ÷ 0,0097° C., also fast genau den theoretischen Wert ergeben. Die große Verschiedenheit der Werte für auf- und absteigenden Strom erklärt sich dadurch, daß auch hier die beim Aufstiege adiabatisch sich abkühlende Luftmasse ihren Feuchtigkeitsgehalt bis auf 14,12, ja nur 6% durch Kondensation

verliert, demnach beim Abstieg gegenüber dem gleichen Niveau im aufsteigenden Strom noch die latente Wärme des verlorenen Wasserdampfes enthält (Helmholtz).

Man kann nun den Sachverhalt auch im Laboratorium an künstlich erzeugten Luftströmen untersuchen, wie dies auf Anregung von RICHARZ durch LÖWENHERZ geschehen ist. Hierzu wurde aus zylindrischen Zinkblechröhren von 10 cm Durchmesser ein rechteckiges in sich zurücklaufendes System zusammengesetzt, dessen Seiten 1,0 bzw. 1,3 m außen betragen. Die beiden längeren Schenkel waren durch zwei Querstäbe miteinander fest verbunden, das ganze Rechteck um eine wagerechte Achse in der Mitte dieser beiden längeren Schenkel drehbar. Zur Bewegung der Luft diente ein kleiner Flügelventilator, welcher in der Nähe der einen Ecke in dem einen längeren Schenkel sich befand und durch eine biegsame Wellenleitung mit dem einen Ende einer durch einen zur möglichsten Verhütung von Galvanometerstörungen entfernt aufgestellten Elektromotor durch Schnurlauf angetriebenen Transmissionswelle verbunden war. Die Temperaturmessung geschah nach der zuerst von Werner Siemens (*Poggend. Ann.* 129, 647, 1866) vorgeschlagenen bolometrischen Methode mittels einer Wheatstoneschen Brückenkombination unter Anwendung des Robert von Helmholtzschen Kunstgriffes: je zwei gegenüberliegende Zweige der gleichen Temperatur auszusetzen. (*Verhandl. der Physikal. Gesellsch. Berlin*, 7, 71–73, 1888.) Zur Erzielung der größtmöglichen Empfindlichkeit wurde der Widerstand jedes der vier Zweige gleich dem des benutzten Galvanometers = $\sim 1,4 \Omega$ gemacht; jeder Zweig bestand aus Platindraht von 0,4 mm Durchmesser und 130 cm Länge und war möglichst frei auf einen leichten Holzrahmen gewickelt. Je zwei solcher Zweige wurden nun in jedem der beiden kürzeren Schenkel angebracht; die Zuleitungen und Verbindungen waren sämtlich aus starkem Manganindraht und an einem in der Mitte des Rahmens angebrachten Schaltbrett befestigt. Zur möglichst genauen Abgleichung war zwischen je zwei hintereinanderliegende Zweige ein 10 cm langer Kupferdraht eingeschaltet, auf denen die in Gleitkontakten endigenden Galvanometerzuleitungen verschiebbar waren. Die den Hauptstrom von $0,78 + 0,8$ Amp. liefernden 3 Kupronelemente, 1 Präzisionsamperemeter von Siemens & Halske, Stromschlüssel und Kommutator befanden sich auf einem besonderen Tische neben dem Skalenfernrohre. Die Windstärke bei den Versuchen betrug, gemessen mittels eines kleinen Robinsonschen Anemometers, 6 m in der Sekunde.

Die Resultate ergaben eine Annäherung an den theoretischen Wert bis auf 5%. Die Messungen wurden einmal bei wagerechter Lage des Rechtecks, dann nach Drehung aus dieser um 90° im einen, dann im anderen Sinne gemacht; da der Mittelabstand der beiden Schenkel, in denen die Temperatur gemessen wurde, 1,21 m beträgt, so wäre der Theorie entsprechend ein Temperaturunterschied von $1,21 \cdot 0,0098 = 0,0119^\circ$ gewesen. Daß dieser Wert nicht erhalten wurde, hat seinen Grund zunächst in den Temperaturunterschieden in der Luft des Versuchsraumes; ferner zeigte sich, daß der Ventilator selber durch Reibung erwärmend wirkte, die von ihm fort strömende Luft eine zu hohe Temperatur besaß, was sich durch Umkehr der Drehrichtung leicht feststellen ließ.

Eine weit einfachere Anordnung, welche zwar für Messungen nicht gut brauchbar, für Demonstration der fraglichen Erscheinung aber recht geeignet ist, hat M. SEDDIG angegeben. Danach wird an jedem Ende eines 2 m langen, in der Mitte drehbar gelagerten Holzstabes eine Glasflasche von 2 l Inhalt befestigt, welche mit einem durchbohrten Deckel verschlossen ist. In jeder Flasche befindet sich eine Lötstelle eines Platin-Eisendraht-Thermoelements, welches durch ein Demonstrationsgalvanometer geschlossen ist. Dreht man, nachdem die Galvanometernadel bei senkrechter Stellung des Hebels zur Ruhe gekommen ist, diesen um 180° , so erhält man einen Ausschlag, der eine Erwärmung der Luft in der gesenkten, einer Abkühlung der in der gehobenen Flasche anzeigt.

W. B. v. Czudnochowski.

Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen. Von H. SIEDENTOPF und R. ZSIGMONDY (*Ann. der Physik* 10, 1; 1903). Nach Abbe und Helmholtz sind Teilchen, deren Größe unter einer halben Lichtwelle liegt, mikroskopisch nicht mehr auflösbar. Die Verf. fanden nun, daß auch solche ultramikroskopische Teilchen durch die von ihnen im Mikroskop erzeugten

Beugungsscheibchen noch wahrnehmbar gemacht werden können, wenn sie ein großes spezifisches Strahlungsvermögen besitzen und in mittleren, noch mikroskopisch auflösbaren Abständen sich befinden. Den Ausgangspunkt der Untersuchungen bildeten die Rubin-gläser, welche, nach gewöhnlicher mikroskopischer Methode untersucht, keine Spur von Trübung erkennen lassen. Die in ihnen suspendiert enthaltenen Goldteilchen aber erfüllen jene Bedingung und geben daher bei intensiver Bestrahlung deutlich sichtbare Beugungs-scheibchen. Dabei muß die Einrichtung getroffen sein, daß die Achse des ein Goldteilchen treffenden Beleuchtungskegels senkrecht steht auf der Achse des für die Sichtbarmachung zur Geltung kommenden Beugungskegels (Fig. 1). Als Kondensator (*Cond.* Fig. 1) diente ein Mikroskopsystem *AA* von der numerischen Apertur 0,30 von Zeiss in Jena. Das Bild der Lichtquelle wurde auf einem Präzisionsspalt entworfen, dessen Weite und Höhe mikro-metrisch bestimmt werden konnte. Dadurch war man im stande, in der Einstellungsschicht des Beobachtungssystems einen genau bekannten und meßbar veränderlichen erleuchteten Querschnitt zu erzeugen (er hatte etwa $1,5-3 \mu$ Tiefe und $4-6 \mu$ Breite). Die von einem Heliostaten kommenden Lichtstrahlen passierten eine Reihe von Linsen und Blenden, die auf einer optischen Bank sehr genau montiert waren; über die Einzelheiten sei auf die Abhandlung selbst verwiesen. Das von Zeiss gelieferte Mikroskop wurde für die Beobachtungen besonders eingerichtet: Das im Okular zu be- beobachtende Bild zeigt Fig. 2. Innerhalb der kreisrunden Okularblende erscheint der $\text{)}(-$ förmige Lichtkegel, dessen Zone engster Einschnürung das Bild des Spaltes entspricht; innerhalb des Kegels erblickt man die von den Teilchen erzeugten Beugungsscheibchen. Bei Anwendung polarisierten Lichts läßt sich mit dem Analysator der Polarisationszustand der Scheibchen feststellen. Als theoretischen Grenzwert der Sichtbarmachung ultramikroskopischer Teilchen ermittelten die Verff. eine Fläche von $36 \cdot 10^{-12} \text{ mm}^2 = 36 (\mu\mu)^2$, eine Größenordnung, der die Beobachtungen bereits sehr nahe kommen. Das würde freilich noch nicht die mittlere Größenordnung der Moleküle (ca. $0,6 \mu\mu$) erreichen. Indes kann der von einer größeren Anzahl von Molekülen herrührende Beugungs- kegel noch sichtbar werden, wie die Beobachtung einer Fluoreszeinlösung in Verdünnung von 1:100 Millionen zu beweisen scheint.

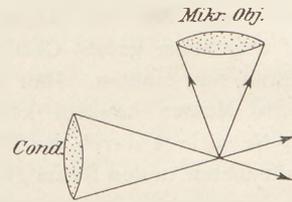


Fig. 1.

Die in den Rubin-gläsern enthaltenen Goldteilchen liegen also zwischen der Wellen- länge des Lichts und den molekularen Dimensionen. Eine genauere Bestimmung der Teilchengrößen wurde ermöglicht durch Ermittlung der in einem bestimmten Volumen ent- haltenen Teilchenzahl, deren Gesamtmasse bekannt ist. Aus den bekannten Dimensionen des Spaltbildes ließ sich das erleuchtete Glasvolumen bestimmen; die in einem durch das Okularmikrometer begrenzten Teile dieses Volumens enthaltenen Goldteilchen wurden dann direkt gezählt. Die Menge des in dem Glase enthaltenen Goldes wurde durch kalori- metrischen Vergleich mit dem Goldgehalt einer kolloidalen Goldlösung von genau denselben optischen Eigenschaften wie die des Rubin-glases bestimmt. Zur Orientierung über die ungefähre Größe der Teilchen kann auch eine Schätzung der mittleren Abstände dienen. Auch aus der Helligkeit der Beugungsscheibchen läßt sich ein Rückschluß auf die Teilchen- größe ziehen.

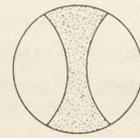


Fig. 2.

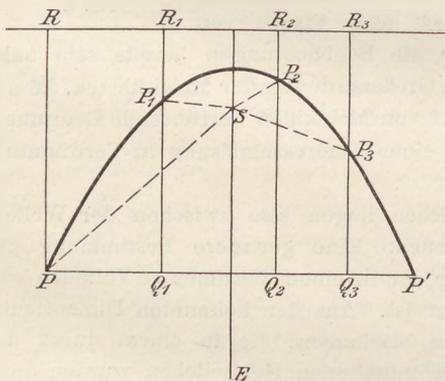
Die in den Rubin-gläsern enthaltenen Goldteilchen liegen also zwischen der Wellen- länge des Lichts und den molekularen Dimensionen. Eine genauere Bestimmung der Teilchengrößen wurde ermöglicht durch Ermittlung der in einem bestimmten Volumen ent- haltenen Teilchenzahl, deren Gesamtmasse bekannt ist. Aus den bekannten Dimensionen des Spaltbildes ließ sich das erleuchtete Glasvolumen bestimmen; die in einem durch das Okularmikrometer begrenzten Teile dieses Volumens enthaltenen Goldteilchen wurden dann direkt gezählt. Die Menge des in dem Glase enthaltenen Goldes wurde durch kalori- metrischen Vergleich mit dem Goldgehalt einer kolloidalen Goldlösung von genau denselben optischen Eigenschaften wie die des Rubin-glases bestimmt. Zur Orientierung über die ungefähre Größe der Teilchen kann auch eine Schätzung der mittleren Abstände dienen. Auch aus der Helligkeit der Beugungsscheibchen läßt sich ein Rückschluß auf die Teilchen- größe ziehen.

In zwei Tabellen haben die Verff. die Farben der untersuchten Goldgläser, ihren Goldgehalt und die Teilchengröße übersichtlich zusammengestellt. Es zeigte sich, daß das Gold im Glase in den verschiedenartigsten Teilchengrößen enthalten sein kann. Die kleinsten Teilchen von $3,9-6,9 \mu\mu$ waren in einem rosafarbenen Glase *H*, die größten von $487-791 \mu\mu$ in einem farblosen Glase enthalten. Indes war ein Zusammenhang zwischen Farbe und Teilchengröße nicht festzustellen. Die Zählung der in dem Glase *H* befindlichen Teilchen war nur bei hellster Beleuchtung möglich; ihre Größe liegt unter der oben angegebenen

Grenze und deutet auf eine Lamellenform der Goldteilchen hin, da die Grenze für Würfel-
form bestimmt wurde. Wahrscheinlich existieren in einzelnen Rubingläsern aber noch
rotfärbende Goldteilchen, die kleiner sind als die kleinsten nach der angegebenen Methode
sichtbar zu machenden Teilchen. Schk.

Die Nebelmassen in der Umgebung der Nova Persei. Auf photographischem Wege
wurden im September 1901 ringähnliche Nebelgebilde in der Umgebung des neuen Sterns
von Ritchey am Yerkes-Observatorium entdeckt. Im November bemerkte dann Perrine
an der Lick-Sternwarte höchst auffällige Veränderungen dieser Nebelgebilde in Bezug auf
Dimension, Lage und Aussehen, die bei der sicherlich außerordentlich großen Entfernung¹⁾
auf ungeheuer grosse Geschwindigkeiten deuteten, die von der Ordnung der Lichtgeschwin-
digkeit sein mußten. Man kam daher bald auf die Vermutung, daß es sich nicht um be-
wegte Massen handeln könne, und Kapteyn war der erste, der die deutliche Expansion
der Nebelringe durch die Hypothese zu erklären suchte, daß die von der Nova bei ihrem
Aufleuchten in den Raum gesandte Lichtwelle von successive immer weiter entfernten Teilen
der umgebenden Nebelmassen reflektiert werde, sodaß wir in diesem Falle zum ersten Male
aus großer Entfernung unmittelbare Augenzeugen des allmählichen Fortschreitens einer
Lichtwirkung seien, eine Art Lichtecho beobachteten. Diese Vermutung wurde alsbald von
Seeliger mit dem ganzen Gewicht seiner wissenschaftlichen Autorität gestützt und bildet
daher bis zur Stunde den Gegenstand lebhaftester Diskussion unter den Astronomen. Die
Kapteyn-Seeligersche Hypothese ist so interessant, daß es sich wohl verlohnen dürfte,
auch im Unterricht ihrer Erwähnung zu tun, zumal sie gleichzeitig guten Übungsstoff für
das räumliche Anschauungsvermögen bietet.

Schon im Anschluß an das Erscheinen der Nova Aurigae hatte Seeliger die Ver-
mutung ausgesprochen, daß das Aufleuchten neuer Sterne durch das Eindringen größerer
Massen in kosmische Wolken und die dadurch bedingte Hemmung ihrer Bewegung zu er-
klären sei, daß also ein neuer Stern im Grunde



genommen aus gleichem Grunde sichtbar werde,
wie ein in die Atmosphäre eindringendes Meteor,
nur daß die Erscheinung im ersteren Falle sich
in riesigen Dimensionen und sehr großer Ent-
fernung abspielt. Denken wir uns nun die Zeit-
dauer des Aufleuchtens sehr kurz (in der Tat war
ja die Nova Persei nur wenige Tage lang ein
Stern erster Größe), so muß der geometrische Ort
derjenigen Nebelpartikel der Umgebung, deren
reflektiertes Licht uns gleichzeitig erreicht, ein
Rotationsparaboloid sein, dessen Brennpunkt der
neue Stern ist, und dessen Achse nach unserem
(unendlich fern gedachten) Standpunkt läuft.

Legt man nämlich durch die Visierlinie nach
dem Stern eine Ebene und konstruiert in ihr um den Stern S (s. Fig.) als Brennpunkt eine
Parabel, die durch einen Punkt P_1 geht, und nimmt auf dieser Parabel noch weitere Punkte
 P_2, P_3 u. s. f. an, so folgt aus den bekannten Eigenschaften der Parabel, daß die Lichtwege
 $SP_1Q_1, SP_2Q_2, SP_3Q_3$ u. s. f. sämtlich gleich SP oder RP sind, da $SP_1 = P_1R_1$ u. s. f. ist.
Liegen also auf dem Parabelbogen PP' Massenteilchen, welche das Licht reflektieren können,
so werden diese Teilchen für einen im unendlich fernen Parabelmittelpunkt befindlichen
Beobachter gleichzeitig aufzuleuchten scheinen, da das gesamte, vom Parabelbogen reflek-
tierte Licht gleichzeitig in der geraden PP' anlangt und also als ebene Welle fortschreitet.
Läßt man die Figur um SE rotieren, so erhält man das oben erwähnte Paraboloid und für

¹⁾ Die Parallaxe der Nova Persei dürfte nach den bisherigen Beobachtungen kaum eine Zehntel-
sekunde erreichen.

verschiedene Zeiten würde man eine Schar konfokaler Paraboloiden erhalten, deren Parameter proportional den seit dem Aufleuchten verfloßenen Zeiten sind.

Denken wir uns nun eine ebene Nebelschicht, so wird diese nur da aufleuchten, wo sie das für die betreffende Zeit geltende Paraboloid schneidet, man kann sich daher sehr wohl das Zustandekommen einer nach außen fortschreitenden Verschiebung ringähnlicher Lichtlinien, wie sie die Photographien erkennen lassen, erklären. Besonders, wenn man annimmt, daß das Hauptlicht von derjenigen Stelle des Sternkörpers ausgegangen, die bei der Bewegung durch die Nebelmasse voran war, und daß der dunkle Körper des Sterns einen Schatten hinter sich warf, lassen sich die einem exzentrischen Kreise ähnelnden, beobachteten Kurven nach Seeliger (*The Astrophysical Journal. Nov. 1902*) gut verstehen. Aus der Betrachtung der äussersten Nebelringe glaubt Seeliger darauf schließen zu dürfen, daß die hellste Stelle des Novakörpers auf der von der Sonne abgewandten Seite gelegen war und daß demnach die Bewegung der Nova von der Sonne fort gerichtet ist, während sich die Nebelmaterie uns nähert. — Nimmt man in der Nebelmasse streifenartige Gebilde von vorwiegend linearer Ausdehnung und sich nur wenig unterscheidenden Querschnittsformen an, so müßten die Schnittflächen dieser Streifen mit den den verschiedenen Zeiten entsprechenden Paraboloiden leuchtende, isolierte Flecken ergeben, die bei ziemlich unveränderter Gestalt sich vom neuen Stern entfernen und bei gebogener Form des Nebelstreifens zugleich eine Drehung im Positionswinkel zeigen müßten. Solche Flecken sind in den vorliegenden Photographien tatsächlich zu finden.

Ähnliche Betrachtungen über mögliche Veränderungen des Nebels unter Zugrundelegung der Kaptelynschen Theorie des einfachen Lichtechos, auf die wir hier jedoch nicht eingehen wollen, wurden auch von Hinks angestellt. Die Gesamtheit der in den Photographien zu Tage tretenden Erscheinungen wird von Perrine in demselben Heft des *Astrophysical Journal* kurz etwa in folgender Weise zusammengefaßt:

Es waren im Februar 1902 zwei besonders gut definierte Nebelgebiete vorhanden, ein Ring von etwa 15' Durchmesser und ein sehr schwacher, äußerer Ring von 30' Durchmesser. Der Radius des inneren Ringes vergrößerte sich täglich um 1,4'', der des äußeren um 2,8'', sodaß rückwärts gerechnet beide Ringbildungen im Februar 1901, das heißt zur Zeit des Aufleuchtens der Nova, vom neuen Stern aus sich zu entwickeln begonnen haben mögen.

Die markanteren Flecken innerhalb der Ringe zeigen auch Drehbewegungen, die teils im Sinne des Uhrzeigers, teils entgegengesetzt erfolgen, und gerade dieser Umstand spricht entschieden gegen wirkliche, durch Stoß bewirkte Massenbewegungen, während er der Kaptelynschen Theorie keine Schwierigkeiten verursacht. Der innere Ring zeigt im allgemeinen Abnahme, der äußere Zunahme der Helligkeit.

Eine Schwierigkeit, welcher die einfache Lichteohypothese begegnet, besteht darin, daß Perrine in dem Lichte des Nebels keine Spur von Polarisation nachweisen konnte. Indessen ist diese Feststellung bei der großen Lichtschwäche des Nebels doch sehr unsicher, außerdem ist bekannt, daß z. B. Wolken kein polarisiertes Licht zeigen, obgleich sie mit reflektiertem Licht leuchten. Es liegt daher nach Seeliger kein Grund vor, die einfache Erklärung zu Gunsten einer von Hale und Bell¹⁾ vorgebrachten Hypothese zu verlassen, welche elektrische Lumineszenzphänomene, hervorgerufen durch elektromagnetische Wellen, zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen in Anspruch nimmt. *Koerber.*

Neue magneto-optische Untersuchungen. Die von Macaluso und Corbino entdeckte magnetische Rotationsdispersion des Natriumdampfes (*ds. Zeitschr. XII 102*) war immer nur in der Nähe der beiden Absorptionslinien bis an den Rand derselben verfolgt worden. Eine neue Versuchsanordnung gestattete es Corbino, jene Erscheinung auch innerhalb des Absorptionsstreifens selbst zu untersuchen (*Rend. R. Acc. d. Lincei 10, 137 (1901); Nuovo Cim. 3, 121 (1902); Naturw. Rdsch. XVII 47 u. 440 (1902)*). Es wurden hierbei die Inter-

¹⁾ The Astroph. Journal, Juli 1902.

ferenzstreifen benutzt, die durch ein Fresnelsches Quarztriprisma erzeugt werden. Ein paralleles Bündel Sonnenstrahlen ging durch ein polarisierendes Nicol, durch die durchlöcherten Pole eines Elektromagneten, zwischen denen sich die Natriumflamme befand, pasierte dann das Quarzprisma mit horizontalen Kanten, ein Rowlandsches Gitter und das analysierende Nicol. Man beobachtet dann bei nicht erregtem Felde in dem Gitterspektrum eine Reihe horizontaler Interferenzstreifen. Bei Erregung des Feldes biegen sich diese Streifen in der Nähe der D-Linien stark um und zwar bei Umkehrung des Feldes in entgegengesetzter Richtung, was auf der schon früher beobachteten Rotationsdispersion beruht. Es läßt sich hier aber auch das schwache Licht innerhalb des breiten Absorptionsstreifens untersuchen; CORBINO fand, daß die Interferenzstreifen hier fast horizontal bleiben und sich bei Erregung des Feldes nur an den Rändern ein wenig verschieben und zwar in demselben Sinne wie außerhalb der Absorptionslinie. Daraus würde eine nur geringe Drehung der Polarisationssebene (bis 18°) erfolgen. Nach des Verf. Ansicht widerspricht dieses der Theorie, die eine sehr bedeutende Drehung (über 200°) und eine innen und außen entgegengesetzte Verschiebung der Streifen verlangt.

Im Gegensatz dazu fand VOIGT, daß auch die Corbinoschen Beobachtungen der Theorie entsprechend gedeutet werden können, wenn man nämlich den dabei auftretenden Zeemann-Effekt mit in Rechnung zieht (*Ann. der Physik* 6, 784 (1901); 8, 872 (1902)). Eine Wiederholung jener Versuche durch ZEEMANN selbst bestätigte diese Anschauung und zeigte, daß Corbino eigentlich nur einen besonderen Fall eines allgemeinen Phänomens beobachtet hat (*Rend. R. Acc. d. Lincei* XI 470; *Naturw. Rdsch.* XVII 564; 1902). ZEEMANN benutzte im wesentlichen die gleiche Versuchsanordnung, beobachtete aber mit Natriumdampf von allmählich zunehmender Dichte. In einem Magnetfeld von 18000 C.G.S. sah man ferner die beiden Komponenten des Zeemannschen Dublets, außerdem die horizontalen Interferenzstreifen. Bei geringer Dampfdichte zeigten diese nur eine kleine Ausbiegung, bei zunehmender Dampfdichte krümmten sich die an die beiden Komponenten angrenzenden Teile eines Streifens nach oben, während der innere Teil sich losriß, nach unten sank und seine Form veränderte. Das Heruntersinken dieses Abschnitts erfolgte bei 18000 C.G.S. bis auf einen Raum von drei Interferenzstreifen; das würde aber einer negativen Rotation von $3 \times 180^\circ$, also rund 500° entsprechen. Hält man die Dampfdichte konstant und verändert das Magnetfeld, so beobachtet man eine Abnahme der negativen Drehung mit zunehmender Feldstärke. Bei noch größerer Dichte des Natriumdampfes, bei der sich das Gesichtsfeld schon stark verdunkelt, wurden erst Erscheinungen beobachtet, die den von Corbino gefundenen entsprechen dürften. Die Beobachtungen ZEEMANNs sind mit der Voigtschen Theorie, sowohl was den Sinn als die Größe der Drehungen angeht, vollkommen in Übereinstimmung. Aber auch die Beobachtungen Corbinos widersprechen der Theorie nicht, doch sind ihre Bedingungen kompliziert und werden noch weiterer Beobachtungen zu ihrer Erklärung bedürfen.

Die Voigtsche Theorie der magnetischen Drehung der Polarisationssebene innerhalb eines Absorptionsstreifens wurde auch durch Versuche bestätigt, die SCHMAUSS mit festen und flüssigen Substanzen, wie Didymglas, Lackmuslösung und Anilinblau anstellte (*Ann. d. Physik* 8, 842; 1902). Der Drehungswinkel für bestimmte Wellenlängen wurde ebenfalls mit der Interferenzmethode bestimmt. Es ergab sich namentlich die Richtigkeit zweier von Voigt gefolgter Schlüsse: 1. „Die maximale Drehung in einem Absorptionsgebiet ist von der Feldstärke fast unabhängig“, 2. „Die im Innern eines Absorptionsstreifens stattfindende negative Drehung nimmt mit wachsender Feldstärke ab.“

Zur quantitativen Messung des Zeemannschen Phänomens dienten Versuche, die A. FÄRBER anstellte, um die magnetische Aufspaltung einiger Spektrallinien in absolutem Maße zu bestimmen (*Ann. d. Physik* 9, 886; 1902). Das Hauptgewicht wurde auf die Kadmiumlinie 4678,37 und die Zinklinie 4680,38 gelegt, die als Triplet erscheinen und besonders gut gemessen werden konnten; außerdem auch noch einige andere Zink- und Kadmiumlinien. Als Lichtquelle diente ein elektrischer Funke, der durch ein großes Induktorium erzeugt

wurde und parallel zu den Kraftlinien zwischen den Polen eines Elektromagneten übersprang; am einen Pol war ein Zinkstreifen, am anderen ein Kadmiumpstreifen angebracht, so daß die Zink- und Kadmiumpstreifen gleichzeitig erhalten werden konnten. Durch eine geeignete Selbstinduktion wurden fremde Spektren beseitigt und eine große Schärfe der Zn- und Cd-Linien erzielt. Das Spektrum wurde durch ein Rowlandsches Konkavgitter erzeugt und photographiert. Das Feld wurde durch die Widerstandsänderung einer Wismutspirale, die in absolutem Maß geeicht war, bestimmt, die Aufspaltung $\Delta\lambda$ mit Hilfe eines geprüften Komparators gemessen. Es zeigte sich, daß die Aufspaltung der untersuchten Linien bis zu dem stärksten benutzten Felde von 24 000 C.G.S. proportional dem Felde H stattfindet. Der nach Lorentz für homologe Linien konstante Wert $\Delta\lambda/\lambda^2 \cdot H$ war für jene Linien = 18,13. Unter Zugrundelegung dieses Wertes besitzt man ein Mittel, bei gegebener Aufspaltung die Stärke eines Magnetfeldes mit großer Genauigkeit zu bestimmen.

Während das Zeemansche Phänomen bisher hauptsächlich bei Metalldämpfen beobachtet wurde, untersuchte G. BERNDT die Bedingungen, unter denen es auch bei Gaspektren eintritt (*Ann. d. Physik* 8, 625; 1902). Das Magnetfeld wurde erzeugt durch einen du Bois'schen Halbringmagneten, dessen Pole meist 7 mm von einander entfernt waren; die Feldstärke variierte zwischen 8000 bis 20 000 Gauß. Der Verf. untersuchte Geißler'sche Röhren, die mit verschiedenen Gasen unter verschiedenen Drucken gefüllt waren; es wurden die Änderungen der Spektren im Magnetfelde, sowie die Potentiale bestimmt, durch welche die Röhren gleichmäßig leuchteten. Das Zeemansche Phänomen wurde mit einem Stufengitter untersucht. Es zeigte sich, daß die Linienspektren im Magnetfelde nur geringe Intensitätsänderungen erleiden, Bandenspektren aber meistens durch das Quecksilberspektrum verdrängt werden. Die Änderungen werden durch das Anwachsen des Widerstandes im Magnetfelde veranlaßt. Das Zeemansche Phänomen läßt sich am besten bei mittleren Drucken beobachten; Wasserstoff und Jod zeigten es undeutlich, Helium dagegen bei 5 mm Druck in Feldern von 8000 bis 12 000 Gauß ausgezeichnet. Auch Quecksilber in Geißler'schen Röhren ließ das Phänomen gut beobachten; Stickstoff, Argon und andere Stoffe gaben zu lichtschwache Spektren.

Bei dem von Kerr entdeckten Phänomen wird durch ein elektrostatisches Feld in einem festen oder flüssigen Dielektrikum Doppelbrechung erzeugt. Es liegt nahe, eine ähnliche Erscheinung auch in einem Magnetfelde zu vermuten, besonders da eine magnetische Doppelbrechung des Natriumdampfes von Voigt und Becquerel bereits nachgewiesen wurde (*ds. Zeitschr.* XII 356; 1899). QUIRINO MAJORANA stellte einige hierauf bezügliche Versuche mit Lösungen magnetischer Substanzen an und fand in der Tat eine magnetische Doppelbrechung bei Lösungen von Eisenchlorid und von dialysiertem Eisen (*C.R. CXXXV* 159 u. 235; 1902). Das Magnetfeld wurde durch einen Weiß'schen Elektromagneten erzeugt; es hatte senkrecht zu den Kraftlinien 7 cm Länge und eine Intensität bis zu 18 000 Einheiten. Die Flüssigkeit befand sich in einem kleinen Trog, dessen Wände aus bestem Glase bestanden. Die Lichtquelle bildete eine sehr helle Glühlampe oder eine Bogenlampe. Zwischen Glastrog und Analysator befanden sich zwei Glasplatten, die komprimiert und um die optische Achse gedreht werden konnten; die eine von ihnen kompensiert bei geeigneter Kompression und Drehung die zufällige Doppelbrechung der Trogwände, die andere diente zur Messung der magnetischen Doppelbrechung.

Sobald die Flüssigkeit in den Trog gegossen, wurde das System der Nicols und die kompensierende Glasplatte auf Dunkelheit eingestellt. Ist die Polarisationssebene parallel oder senkrecht zum Felde, so wird das Gesichtsfeld bei Erregung des Magneten nicht aufgehellt. Bildet aber die Polarisationssebene mit den Kraftlinien einen Winkel von 45° , so erscheint bei einer aktiven Flüssigkeit unter dem Einfluß des Feldes eine gewisse Menge Licht, die dadurch, daß man die zweite Glasplatte parallel oder senkrecht zu den Kraftlinien komprimiert, wieder ausgelöscht werden kann. Diese beiden Fälle entsprechen der positiven bzw. negativen Doppelbrechung eines parallel zu den Kraftlinien gestellten einachsigen Krystals. Eine frische und wenig konzentrierte Lösung von Eisenchlorid gab

positive Doppelbrechung; für 18 000 Einheiten war der Gangunterschied des ordentlichen und außerordentlichen Strahls $\frac{2}{100}$ bis $\frac{3}{100}$ Wellenlänge. Von dialysiertem Eisen und kolloidalem Eisenoxyd stellte der Verf. mehrere Typen her, die die Doppelbrechung in verschiedener Weise zeigten. Bei einigen Typen war sie positiv, bei anderen negativ, mit dem Felde zunehmend; am eigenartigsten verhielt sich altes Bravaiseseisen, das zuerst positiv war, bei einem bestimmten Felde Null und dann negativ wurde. Die Lösung des letzteren wurde in einer Dichte von 1,001 hergestellt und ergab bei 3000 Einheiten die größte positive Doppelbrechung von $0,6 \lambda$, bei 5450 Einheiten den Umkehrpunkt, bei 8500 Einheiten schon eine negative Doppelbrechung von dem Gangunterschied 1λ , bei 13075 Einheiten 3λ , bei 17250 Einheiten 5λ . Bei diesen hohen Werten wurde ein Spektroskop benutzt; die Doppelbrechung ändert sich mit der Farbe. Es zeigte sich dabei, daß die Doppelbrechung annähernd proportional ist der Dicke der Flüssigkeit senkrecht zu den Kraftlinien, der Konzentration derselben, dem Quadrat der Feldstärke und umgekehrt proportional dem Quadrat der Wellenlänge.

Auch das Spektrum des durch eine aktive Flüssigkeit hindurchgegangenen Lichts wurde im Magnetfelde verändert. Das Absorptionsspektrum einer Lösung von altem Bravaiseseisen geht vom Rot bis zum Grün, während der Rest ausgelöscht ist. Man beobachtete ohne Nicol, wenn das Licht senkrecht zu den Kraftlinien hindurchging, daß das Spektrum im Felde heller und breiter wurde. Die Erscheinung war sehr deutlich bei 18 000 Einheiten, blieb dagegen in der Nähe des Umkehrpunktes aus. Mit einem Nicol, dessen Hauptschnitt parallel zu den Kraftlinien stand, beobachtete man bei 3000 Einheiten (dem positiven Maximum) eine geringe Schwächung des Lichts und Verkürzung des Spektrums, bei Feldern, die stärker waren als bei dem Umkehrpunkte (besonders bei 18 000 Einheiten), eine sehr erhebliche Aufhellung und Verbreiterung des Spektrums. War der Hauptschnitt des Nicols senkrecht zu den Kraftlinien, so erfolgte umgekehrt bei dem positiven Maximum eine geringe Aufhellung und Verbreiterung, beim negativen Maximum eine viel erheblichere Schwächung und Verkürzung. Zur Untersuchung des parallel zu den Kraftlinien hindurchgehenden Lichtes wurde ein Elektromagnet mit durchbohrten konischen Polen und ein kleinerer Trog benutzt; wegen der geringeren Dicke der Flüssigkeitsschicht wurde ihre Konzentration auf das Siebenfache erhöht. Da das austretende Licht in diesem Falle nicht polarisiert ist, braucht man kein Nicol. Man beobachtete hier bei positiver Doppelbrechung (3000 Einheiten) Aufhellung und Verbreiterung des Spektrums, bei negativer Doppelbrechung (18000 Einheiten) das Gegenteil.

Aus den Versuchen geht hervor, daß die Ränder des Spektrums, wenn das Licht senkrecht zu den Kraftlinien durch die positiv doppelbrechende Flüssigkeit hindurchgeht, deutlich in der Ebene der Kraftlinien polarisiert sind. Geht das Licht ebenso durch die negativ brechende Flüssigkeit hindurch, so sind die Ränder senkrecht zu den Kraftlinien polarisiert. Ferner ist bei positiver Doppelbrechung die Absorption des Lichts parallel zu den Kraftlinien geringer als die Absorption eines Strahls senkrecht dazu, wenn die Polarisationssebene senkrecht zu den Kraftlinien steht. Für negative Doppelbrechungen ist die Absorption stärker.

Man sieht hieraus, daß die aktiven Flüssigkeiten sich in einem Magnetfelde wie einachsige, dichroitische Krystalle verhalten. Die Änderungen der Absorption, welche man bei den Krystallen in verschiedenen Richtungen beobachtet, entsprechen vollkommen den hier gefundenen. Die beschriebenen Versuche gestatten außerdem die Behauptung, daß sowohl bei positiver wie bei negativer Doppelbrechung bei normaler Fortpflanzung die langsamere Welle stets die stärker absorbierte ist. Genauere Messungen der Absorption wurden, unter Weglassung des Spektroskops, mit dem Lummerschen Photometer angestellt, wobei als Vergleichslicht eine konstante rote Flamme diente. Die Feldstärke entsprach dem negativen Maximum (1800 Einheiten), der Gangunterschied betrug 12λ . War die Lichtintensität ohne Feld = 1, so betrug sie normal zum Felde ohne Nicol 1,62, mit Nicol bei parallelem Hauptschnitt 2,74, bei senkrechtem Hauptschnitt 0,54, parallel zum Felde ohne Nicol 0,56. Die

annähernde Gleichheit der beiden letzten Zahlen zeigt, daß, wenn die Polarisationssebene der Strahlen parallel dem Felde ist, die Strahlen, welche sich parallel den Kraftlinien fortpflanzen, eine Absorption erleiden, die derjenigen gleich ist, welche die sich senkrecht zu den Kraftlinien fortpflanzenden Schwingungen erleiden. Dieses für negative Doppelbrechungen erhaltene Ergebnis gilt wahrscheinlich auch für positive Doppelbrechungen.

Außer der Doppelbrechung beobachtete MAJORANA normal zu den Kraftlinien eine eigentümliche Drehung der Polarisationssebene des hindurchgehenden Lichtes, deren Sinn sich bei Umkehrung des Feldes nicht änderte; doch trat diese Drehung nur ein, wenn die Polarisationssebene gegen die Kraftlinien geneigt war. Je nach dem Präparat strebte die Drehung dahin, die Polarisationssebene stets parallel oder stets senkrecht zu den Kraftlinien zu stellen. Nach der Ansicht VOIGTS bildet diese Erscheinung eine vollständige Analogie mit den bei Reflexion an durchsichtigen Körpern beobachteten Drehungen, indem es sich um eine verschiedene Schwächung der beiden, senkrecht und parallel zu den Kraftlinien polarisierten Komponenten handelt. (*Ann. der Physik* 8, 880; 1902.) Auch für die übrigen von Majorana entdeckten Erscheinungen entwickelt VOIGT eine Theorie, welche mit den Beobachtungen, namentlich denen über Absorption, in befriedigender Weise übereinstimmt.

Nach der von WIND gegebenen Theorie der Reflexion des Lichts an magnetischen Metallspiegeln hat in dem Falle, wo die Magnetisierung senkrecht zur Einfallsebene und das einfallende Licht in der Einfallsebene polarisiert ist, die Magnetisierung keinen Einfluß auf die Reflexion. Ist dagegen der einfallende Strahl senkrecht zur Einfallsebene polarisiert, so wird durch die Magnetisierung gleichzeitig die Phase und die Amplitude des reflektierten Lichtes geändert. Dieses Ergebnis der Theorie hat P. CAMMAN experimentell geprüft und bestätigt gefunden. (*C. R. CXXXV* 286; 1902.) Das Licht einer Bogenlampe wurde durch Fuchsinlösung monochromatisch gemacht und durch eine Linse in der 2 mm weiten Öffnung eines Metallschirmes konzentriert; diese Öffnung befand sich im Brennpunkt einer Linse von 30 cm Brennweite. Die so parallel gemachten Strahlen durchsetzten den Polarisator, dessen Polarisationssebene um 45° bzw. 60° gegen die Einfallsebene geneigt war, und wurden an zwei ebenen und parallelen Eisenspiegeln reflektiert, die mit den Polschuhen zweier kleiner Elektromagnete in Verbindung standen. Die geringen Dimensionen der Polschuhe erlaubten sie auf dem Tischchen eines Jaminschen Teilkreises zu befestigen. Man konnte so den Einfallswinkel messen und die Spiegel regulieren und parallel stellen, indem man in dem Fernrohr die Bilder des direkten und des zweimal reflektierten Strahles zur Koinkidenz brachte. Das reflektierte, elliptisch polarisierte Licht wurde mit einem Glimmerblatt von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge Gangunterschied und einem Analysator untersucht. Als solcher diente ein Halbschattenanalysator von Macé de Lépinay. Der Verf. bestimmte die Änderungen der Phasendifferenz und des Azimut, die unter Einfallswinkeln von 50° bis 77° bei der Reflexion an einem Spiegel und einer Magnetisierung von $+1350$ auf -1350 C.G.S.-Einheiten eintraten. Dieselben Änderungen berechnete er nach der Theorie von WIND und fand innerhalb der Beobachtungsfehler eine solche Übereinstimmung beider Zahlenreihen, daß die Theorie als bestätigt gelten darf. Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Zum Gedächtnis Otto von Guericke's. Anlässlich des 300. Geburtstages Otto von Guericke's am 30. November 1902 hat F. POSKE in der deutschen physikalischen Gesellschaft einen Vortrag gehalten, der in den *Verhandl. d. d. ph. G. IV Nr. 16* veröffentlicht ist. Es wird darin auf den Zusammenhang der Entdeckungen Guericke's mit kosmischen Ideen hingewiesen und einiges über die Reihenfolge und die ungefähre Zeit dieser Entdeckungen festgestellt. Guericke ist durch den Gedanken der unermesslichen Ausdehnung des Weltalls und das Nachsinnen über den leeren Raum zwischen den Himmelskörpern zu dem Plan geführt worden, hier auf der Erde einen solchen leeren Raum herzustellen. Schon bei den ersten Versuchen drängt sich ihm die Existenz des Luftdrucks auf, die er 1654 in Regens-

burg durch das bekannte drastische Experiment vor Kaiser und Reichsfürsten demonstriert. Die Versuche und die dabei verwendete Luftpumpe sind 1657 von dem Jesuiten Caspar Schott in dem reich illustrierten Buche *Mechanica hydraulico-pneumatica* ausführlich beschrieben worden. Einer Äußerung Schotts zufolge ist die Erfindung der Luftpumpe wenige Jahre vorher erfolgt, dies kann daher nicht früher als um 1650 geschehen sein, entweder in der Zeit 1647—49, oder 1651—52. Sicher ist jedoch, daß Guericke seine ersten Entdeckungen machte, ohne von Torricellis Versuch Kenntnis zu haben. Auch die begrenzte Steighöhe des Wassers entdeckte er 1654 in Regensburg unabhängig von Torricelli und errichtete in der Zeit zwischen 1657 und 1660 ein vielbewundertes, *Sempervivum* genanntes Barometer an seinem Hause in Magdeburg. Weitere Versuche folgten 1661 und 1662, besonders infolge der Anregungen, die Boyles Luftpumpenversuche auf Guericke machten. Boyle war durch die Veröffentlichung Caspar Schotts veranlaßt worden, eine Luftpumpe zu konstruieren, die gegen die bisherige Guerickesche Form einige Verbesserungen aufwies; auf die Nachricht hiervon nahm wiederum Guericke eine Verbesserung seiner Maschine vor und gab ihr die Gestalt, die in der jetzt dem Berliner physikalischen Institut angehörenden Originalluftpumpe Guerickes noch erhalten ist. Die Echtheit dieser Maschine wird entgegen einer neuerdings erhobenen Beanstandung aufrecht erhalten. Den Veröffentlichungen Boyles verdankt Guericke auch eine klarere Vorstellung von der Spannkraft der Luft, deren Urheber aber nicht Boyle, sondern der französische Arzt Jean Pecquet (1651) war. Um das Hauptproblem, die Herstellung eines vollkommenen Vakuums, hat Guericke sich unablässig bemüht; er erreicht eine relativ beträchtliche Vollkommenheit durch ein abgekürztes Wasserbarometer, in dem sich ein Torricellisches Vakuum bildet, sobald die umgebende Luft unter eine gewisse Grenze verdünnt ist. Bei diesen Versuchen beobachtet er auch die Phänomene des Wasserhammers und des Haftenbleibens des Wassers in der Röhre trotz vorgeschrittener Luftverdünnung — zwei Erscheinungen, deren Entdeckung gewöhnlich Huygens zugeschrieben wird. Wennschon Guericke sein Ziel nicht vollständig erreichen konnte, so bleibt doch sicher der Gedanke, ein Vakuum herzustellen, einer der fruchtbarsten, die in der Physik aufgetreten sind.

Hervorgehoben wird auch der Zusammenhang, in dem die Luftpumpe mit der Erfindung der Dampfmaschine steht. Wir haben in der Luftpumpe die Urahin der heutigen Dampfmaschine vor uns. Die außerordentliche Kraft des Luftdrucks legte den Gedanken nahe, ihn für die menschlichen Zwecke nutzbar zu machen. Huygens konstruierte 1674 eine Wasserhebemaschine, bei der das Vakuum durch Explosion von Schießpulver hergestellt wurde, Papin ging 1687 dazu über, das erforderliche Vakuum durch Kondensation von Wasserdampf zu erzeugen. Sein Prinzip fand Verwendung bei den Maschinen von Newcomen und Cawley, an die endlich die Niederdruckmaschine von James Watt sich anschloß.

Die elektrischen Entdeckungen Guerickes dürfen gleichfalls nicht unterschätzt werden. Mit Hilfe seiner sehr primitiven Elektrisiermaschine, der auf eine Achse gesteckten Schwefelkugel, fand er die Grunderscheinungen der elektrischen Abstoßung und der elektrischen Leitung. Es dauert über 60 Jahre, ehe ein weiterer Fortschritt auf diesem Gebiet zu verzeichnen ist. Guericke ist bei diesen Versuchen geleitet von dem Gedanken an die kosmischen Kräfte, die er als unkörperliche Kräfte (*virtutes neoporeae*) ansieht. Die Schwefelkugel ist ihm ein Abbild der Erdkugel, woran jene Kräfte, unter ihnen vor allem die von ihm entdeckte Abstoßungskraft, sich aufzeigen lassen. Ohne den Gedanken an die Erde wäre Guericke schwerlich darauf gekommen, den Schwefel in die Form einer Kugel zu bringen, diese aber erleichterte ihm die Auffindung einer ganzen Reihe von Erscheinungen. Man kann daher behaupten, daß der Gedanke an die großen kosmischen Kräfte, weit entfernt davon, seine Forschung zu schädigen, vielmehr die treibende Kraft gewesen ist, die ihn zu seinen Entdeckungen geführt hat. Von diesem Gesichtspunkte erscheint es berechtigt, Guericke neben seinen berühmten Zeitgenossen Johannes Kepler zu stellen und ihn zu den Größten zu zählen, die der deutsche Boden hervorgebracht hat.

Heinrich Daniel Rühmkorff. Zum hundertsten Geburtstage Rühmkorffs hat der Hannoversche Elektrotechnikerverein eine von E. Kosack verfaßte Schrift herausgegeben, die ein Lebensbild des verdienstvollen Erfinders des Funkeninduktors gibt (36 Seiten, Verlag der Hahnschen Buchhandlung in Hannover und Leipzig). Die Schrift ist mit einem Bildnis Rühmkorffs geschmückt. Wir entnehmen daraus die folgenden Einzelheiten seines Lebenslaufes.

Rühmkorff wurde am 15. Januar 1803 zu Hannover geboren und trat, da er schon als Kind ein bedeutendes mechanisches Talent zeigte, bei einem Drechslermeister in die Lehre. Seine Wanderjahre brachte er in Stuttgart, Paris und London zu. In Paris erwarb er sich dadurch große Anerkennung, daß er einen aus England stammenden Apparat, der zur Reparatur nach England geschickt werden mußte, aus dem Gedächtnis mit großer Vollkommenheit nachkonstruierte. Er ging darauf selbst nach England und fand in den Bramahschen Werkstätten Beschäftigung. Ein Plan, nach Rußland zu gehen, wurde dadurch vereitelt, daß er das Schiff versäumte — zu seinem Glück, denn das Schiff verunglückte und blieb verschollen.

Infolge dieser Schicksalsfügung kehrte Rühmkorff in seine Heimat zurück, um bald zum zweiten Mal Paris aufzusuchen. Er arbeitete dort längere Zeit bei Chevalier, einem berühmten Verfertiger von Mikroskopen, und machte sich 1839 selbständig. Seine Anfänge waren bescheiden, doch trugen ihm seine mit den einfachsten Mitteln angefertigten Apparate bald den Ruf eines geschickten Mechanikers ein. In den Comptes Rendus der Pariser Akademie der Wissenschaften wird seiner Verdienste häufig rühmlichst gedacht, bei einer Ausstellung im Jahre 1849 lenkte namentlich ein thermoelektrischer Apparat, für die Versuche von Melloni über strahlende Wärme bestimmt, die Aufmerksamkeit auf ihn und trug ihm eine silberne Medaille ein; eine ebensolche erhielt er für einen elektromagnetischen Apparat zur Vorführung der magnetooptischen und diamagnetischen Erscheinungen.

Den Funkeninduktor konstruierte Rühmkorff im Anschluß an Vorarbeiten von Masson und Breguet. Ein im Jahre 1851 fertiggestellter Apparat hatte die damals erstaunliche Wirkung, daß Funken von 2 cm Länge übersprangen, wenn zwei Bunsenelemente verwendet wurden. Die Primärspule bestand aus einer Rolle von Pappe oder Ebonit, auf die wenige Windungen von 2 mm dickem Kupferdraht gewickelt waren und die an den Enden von zwei dicken überragenden Spiegelglasplatten begrenzt war. In das Innere der Primärspule schob er ein Bündel dünner Eisendrähte (eine von Faraday und Sturgeon erkannte Erscheinung verwertend). Die sekundäre Spule trennte er von der primären durch Glas oder Ebonit und erzielte die Isolation des sehr dünnen Drahtes, indem er die umspinnene Seide mit Schellacklösung tränkte und die Drahtlagen durch Isolationsschichten trennte. Als Unterbrecher brachte er den Wagnerschen Hammer vor dem einen Ende des Eisendrahtbündels an, das zu diesem Zweck mit einer Scheibe aus weichem Eisen versehen wurde. Den Stromwender (Kommutator) erfand er selbst. Auf Fizeaus Vorschlag wurde der Kondensator hinzugefügt; Rühmkorff verfertigte ihn aus gummiertem 3 cm langen Seidenband, das auf beiden Seiten mit Stanniol belegt war. Bei größeren Apparaten wurde der von Foucault angegebene Quecksilberunterbrecher angebracht. Die Länge des zur Sekundärspule verwandten Drahtes stieg nach und nach bis 30 000, ja bis 100 000 m, es gelang Funken von über 40 cm Länge zu erzeugen, die nach Moignos Urteil blitzähnlich waren und „selbst den Unerschrockensten zittern machen konnten“.

Nach der Pariser Ausstellung von 1855 wurde dem Erfinder von Napoleon das Ritterkreuz der Ehrenlegion verliehen, 1858 erhielt er von der Akademie auf fünf Jahre einen Preis von jährlich 1000 Fr. zuerkannt; 1864 endlich wurde ihm der Voltapreis von 50 000 Fr. zu teil, wobei seine Uneigennützigkeit und seine wissenschaftlichen Verdienste hohes Lob ernteten. In praktischer Hinsicht tritt zuerst die Anwendung des Funkeninduktors für Minenzündungen hervor; diese geschah 1853 durch den Genieobersten Verdu, und 1854 in größartigstem Maßstabe bei der Ausgrabung des Hafens von Cherbourg durch du Moncel. Ein ausgedehntes Anwendungsgebiet fand der Induktor ferner bei der Lenoirschen Gasmachine

zur Entzündung des Gasgemisches. Bis 1864 waren bereits gegen 500 Rühmkorffsche Apparate für diesen Zweck geliefert. Auf die wissenschaftlichen Verwendungen brauchen wir hier nicht einzugehen. Von anderen Erfindungen Rühmkorffs verdient besonders sein Ozonerzeugungsapparat Erwähnung. Auch um die Verbesserung der Influenzmaschine hat er sich verdient gemacht.

Rühmkorff starb am 20. Dezember 1877, Jamin hielt ihm die Grabrede, in der Akademie widmete Dumas ihm einen Nachruf. An seinem hundertsten Geburtstage hat der Elektrotechnikerverein zu Hannover sein Haus mit einer Gedenktafel geschmückt. P.

4. Unterricht und Methode.

Der Unterricht in den Naturwissenschaften. Ein von W. Lexis herausgegebenes Werk, „die Reform des höheren Schulwesens in Preußen“ (Halle 1902), hat sich zur Aufgabe gesetzt, den heutigen Zustand des höheren Unterrichts in seinem Zusammenhange mit der historischen Entwicklung und im Hinblick auf die durch die neuen Lehrpläne angestrebten Ziele zur Darstellung zu bringen. Den Unterricht in den Naturwissenschaften hat J. NORRENBERG auf 40 Seiten behandelt.

Der etwa die Hälfte umfassende, sehr lesenswerte historische Teil des Aufsatzes macht die ungemein starken Schwankungen sichtbar, denen der naturwissenschaftliche Unterricht unter dem Einfluß wechselnder Zeitströmungen ausgesetzt gewesen ist. Zu Beginn des verflossenen Jahrhunderts herrscht unter dem Einflusse Rousseauscher Erziehungsgedanken eine begreifliche Schätzung der Naturwissenschaft. „In allen Äußerungen über die Einrichtung und Lehrweise klingt die feste Überzeugung wieder, daß im Studium der Natur noch ungehobene erzieherische Kräfte verborgen seien, und daß der naturwissenschaftliche Unterricht, in richtiger Weise erteilt, an Inhaltsreichtum und formal bildendem Werte den bis dahin betriebenen verbalen Unterricht noch einmal übertreffen werde.“ Allerdings erwies sich der naturwissenschaftliche Unterricht bei dem vielfachen Mangel geeigneter Lehrer, die ihn „in richtiger Weise“ hätten erteilen können, nicht so fruchtbar, wie man erwartet hatte. Unter dem Ansturm der Lorinserschen Überbürdungsklagen (1836) zeigte dieses Fach daher am wenigsten Widerstandsfähigkeit, es trat ein Rückschlag ein, der mit den Wieseschen Lehrplänen von 1856 seinen Abschluß fand. Naturbeschreibung und Physik wurden stark eingeschränkt und verschwanden aus der mündlichen Prüfung am Gymnasium, sind auch seit jener Zeit nicht wieder in diese aufgenommen worden.

An den Realanstalten entwickelte sich der n. U. naturgemäß unter günstigeren Bedingungen, doch dauerte es geraume Zeit, ehe er sich von der bloßen Nützlichkeitsstendenz befreite. „Erst die von Wiese ausgearbeiteten Lehrpläne von 1859 stellten die Realschulen in die Reihe der allgemeinen Bildungsanstalten, und den n. U. in die Kategorie der formalbildenden, also humanistischen Fächer.“ Der Verfasser geht indessen doch wohl fehl in der Auffassung, daß schon in den Erläuterungen zu der Unterrichts- und Prüfungsordnung von 1859 die humanistische Aufgabe des n. U. an den Realschulen deutlich ausgesprochen sei. Es ist in den „Erläuterungen“ allerdings gesagt: es solle die Erkenntnis geschärft werden, daß der tiefere Grund alles Realen in dem geistigen Gehalt und Wert der Dinge liege und daß die sichtbare und sinnliche Welt auf der unsichtbaren und geistigen ruhe. Aber diese Aufgabe ist nicht dem n. U. im besondern, sondern den Realanstalten im ganzen zugewiesen, und es dürften wohl andere Unterrichtsfächer gewesen sein, an die bei dieser Aufgabe in erster Reihe gedacht war, ja wir möchten behaupten, daß die von Wiese ausgesprochenen Gedanken dem naturwissenschaftlichen Unterricht als solchem gänzlich fern liegen, sie gehören zu den Imponderabilien des Unterrichts und es wird durchaus dem Takt und der Neigung des Lehrers überlassen bleiben müssen, ob und wie weit er neben den ihm obliegenden Aufgaben auch auf jene Gedanken eingehen will. Wir glauben zu wissen, daß der verewigte K. H. Schellbach, ein Meister der Unterrichtskunst, der seine Schüler mit Begeisterung zu erfüllen verstand, doch in jener Hinsicht die größte Zurückhaltung geübt

hat, ohne daß sein Unterricht dadurch, selbst vom höchsten allgemein menschlichen Standpunkt aus betrachtet, minderwertig geworden wäre. Was hingegen in dieser Zeitschrift von Anfang an als die humanistische Aufgabe, insbesondere des Physikunterrichtes, bezeichnet worden ist, ist etwas dem recht verstandenen Physikunterricht Wesentliches und mit ihm notwendig Verbundenes. Wir freuen uns, in dem Lexisschen Werk an einer anderen Stelle (S. 14) dem Nachweis zu begegnen, daß schon in dem österreichischen „Organisationsentwurf“ von 1849 die „humanistischen Elemente, welche auch in den Naturwissenschaften in reicher Fülle vorhanden sind“, Anerkennung gefunden haben. Das sozusagen materiale Prinzip dieses Gedankens aber ist erst in den Lehrplänen von 1901 amtlich ausgesprochen mit den Worten: Der Schüler soll, soweit dies auf der Schule möglich ist, die Wege verstehen lernen, auf denen man zur Erkenntnis der Naturgesetze gelangt ist und gelangen kann. Es soll übrigens nicht in Abrede gestellt werden, daß die Wiesesche Prüfungsordnung diesem Gedanken nicht ganz fernsteht, indem sie die Forderung stellt: „Kenntnis derjenigen Begriffe und Sätze und — in Betreff der Versuche — derjenigen Methoden, welche auf die Entwicklung der physikalischen Wissenschaft von wesentlichem Einfluß gewesen sind“ — doch ist auch der Unterschied leicht ersichtlich.

Den Schluß des historischen Teils bildet die Kennzeichnung der Bonitzschen Reform von 1882 in ihrer besonderen Beziehung auf unser Unterrichtsfach und der späteren Lehrpläne von 1892 und 1901; die prinzipielle Anerkennung dieses Faches als eines für die gesamte geistige Ausbildung des Menschen notwendigen und unentbehrlichen ist in allen diesen Plänen die Grundanschauung; ihr gegenüber sind einzelne Verschiebungen und Änderungen der Lehrziele von untergeordneter Bedeutung.

In dem zweiten Teil des Aufsatzes, der speziell von den neuesten Lehrplänen handelt, betont der Verfasser, daß, zufolge der jüngsten Ordnung der Gleichberechtigungsfrage, Aufgabe und Methode des n. U. für alle höheren Lehranstalten nunmehr die gleichen geworden seien. An allen soll die Aneignung einer Summe einzelner im Leben verwendbarer Kenntnisse nicht Endziel, sondern nur Mittel zur Förderung der allgemeinen Bildung sein. Von Wichtigkeit ist auch, angesichts der immer zunehmenden Fülle des Materials, der Hinweis auf Sichtung und richtige Begrenzung des Lehrstoffes. Einer Wiedereinführung der Biologie und Physik als Prüfungsfach des Gymnasiums widerspricht der Verfasser; denn nicht durch Hebung des Lerneifers, sondern nur durch Hebung des Interesses und Verständnisses könne der n. U. seine eigenartige befruchtende Wirkung ausüben.

Von Einzelfragen des physikalischen Unterrichts erörtert der Verfasser zunächst die mathematische Behandlung gewisser Gesetze und hält dafür, daß von den Schülern eine gedächtnismäßige Reproduktion von Ableitungen nicht gefordert werden sollte, da doch nur das Bewußtsein, die Richtigkeit dieser Ableitungen einmal mit mathematischer Strenge erkannt zu haben, mit ins Leben genommen werde und eine wertvolle ethische Errungenschaft aus der Schulzeit bleibe. — Den Wert der rechnerischen Aufgaben scheint der Verfasser zu unterschätzen, da gerade erst eine häufige und vielseitige Anwendung der Gesetze mit diesen wirklich vertraut macht. Am Gymnasium fehlt es heut zumeist an der Möglichkeit, solche Übungen in genügender Zahl dem Physikunterricht anzuschließen. — Auch gegen die „heuristische“ Methode, der zufolge der Schüler die Gesetze möglichst selbst entdecken soll, verhält sich der Verfasser allzu ablehnend. Es wird ja Niemand bei uns den Unterricht durchweg nach diesem Grundsatz gestalten wollen; selbst dessen eifrigste Verfechter in England und Amerika haben zugeben müssen, daß eine Verbindung von heuristischem und dogmatischem Unterricht das Wünschenswerteste sei. Aber andererseits schmeckt es doch zu sehr nach dem grünen Tisch, wenn der Verfasser die praktischen Schülerübungen, die eben jene heuristische Methode verwirklichen, deswegen bemängelt, weil sie einen Zeitaufwand erfordern, der in keinem rechten Verhältnis zu den erzielten Resultaten stehe. Wenn er selbst einmal solche Übungen veranstaltete, würde er an dem Eifer und der Lust der Schüler, wie an der günstigen Rückwirkung auf den Unterricht erkennen, daß es sich hier um gesunde Bestrebungen handelt, denen größtmögliche

Förderung von seiten der Unterrichtsbehörden zu wünschen ist. — Auch die Beschaffenheit der „Kabinette“ und Sammlungen streift der Verfasser und spricht den berechtigten Wunsch aus, daß bei Anschaffungen nicht auf teure Präzisionsinstrumente, sondern vor allem auf brauchbare Unterrichtsapparate gesehen werden sollte. Doch geht er zu weit, wenn er auch hinsichtlich neuer Apparate, wie z. B. derjenigen für die Marconische Telegraphie. Bedenken ausspricht. Die Versuche über elektrische Wellen dürfen den Schülern auch an Gymnasien nicht vorenthalten werden, und wo die Mittel es erlauben, sollte man sich nicht mit primitiven Vorrichtungen begnügen, sondern Apparate beschaffen, die sicher und zuverlässig funktionieren.

Dem biologischen Unterricht widmet der Verfasser längere Ausführungen, auf die wir hier nur hinweisen können. Die Beschränktheit der Zeit für den chemischen Unterricht am Gymnasium erkennt er an, sie ermögliche es nicht, den Schüler in das Wesen der induktiven Methode einzuführen. Daß man auf die Chemie am Gymnasium jetzt wohl zwei Semester verwenden könne, stimmt nicht mit den Lehrplänen, die dafür nur ein Semester frei lassen. [Ausnahmsweise und auf besonderen Antrag wird ein chemischer Vorkursus in O III gestattet, der nur unter Zurückschiebung der Anthropologie nach U III und auch dann nur für ein Vierteljahr sich ermöglichen läßt.] Von der Chemie an Oberrealschulen urteilt der Verfasser, daß bei dem ihr reichlich zugemessenen Raum Gelegenheit zu einer fruchtbareren Zentralisierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts gegeben sei, wenn nicht bloß geologische und geographische, sondern auch biologische Elemente herangezogen und der Blick auf den Zusammenhang der Naturerscheinungen gelenkt würde. Mit dieser beachtenswerten Anregung schließt der Verfasser seine Darlegungen. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Bogenlicht, Projektionsapparate von Schuckert & Co. (Beschreibung von Erzeugnissen und Anlagen der Elektr.-Akt.-Ges. vormals Schuckert & Co., Nürnberg, II, No. 40, Okt. 1902). Die besonders durch ihre bisher in Leistung unerreichten Marinescheinwerfer rühmlichst bekannte Firma fertigt neuerdings auch Projektionsapparate für wissenschaftliche Zwecke an. Während man früher derartige Vorrichtungen mit dem Foucault-Duboscycschen Uhrwerksregulator versah, an dessen Stelle man dann Handregulatoren mit schräg stehenden Kohlen verwendete, werden von der genannten Firma, wie dies gelegentlich auch schon anderweit geschehen, Bogenlampen der marktgängigen Form in einfache Gehäuse eingebaut, welche entweder für sich benutzt oder gleich mit der nötigen Optik versehen werden können. Die Apparate werden in zwei Größen angefertigt: Für Gleichstrom als kleines Modell für Stromstärken von 8–20 Amp., als großes Modell für mehr als 20 Amp., für Wechselstrom als kleines Modell bis zu 30 Amp. Die Abmessungen mit eingesetzter Lampe, aber ohne Optik sind:

	Gleichstrom		Wechselstrom	
	Kleines Modell	Großes Modell	Kleines Modell	Großes Modell
Länge:	310	375	310	375 mm
Breite:	240	330	240	330 mm
Höhe:	656	905	740	1160 mm

Als Lampen werden verwendet: für Gleichstrom Modell *K*, für Wechselstrom Modell *W*. Beistehende Fig. 1 zeigt einen vollständigen Projektionsapparat für Gleichstrom, kleines Modell mit vollständiger Optik.

Die benutzten Gleichstromlampen Modell *K* (Beschreibung von Erzeugnissen und Anlagen der Elektr.-Akt.-Ges. vorm. Schuckert & Co., Nürnberg, I, No. 16, 1901) sind nichts anderes als neuere Formen der alten Lampe von Křížik und Piette (1880, D. R.-P. No. 2, 16297). Schuckert hatte 1880 die sogen. „Differentialringlampe“ herausgebracht (D. R.-P. No. 2, 13619), gab aber diese auf, um die Ausführung der Křížikpatente zu übernehmen. Eine solche Lampe, wie sie gegenwärtig verwendet wird, zeigt Fig. 2. Jeder Kohlenhalter

ist an einer gutgeführten Messinghülse befestigt, in welcher sich ein konischer Eisenkern befindet; beide Hülsen, und damit beide Kohlenhalter sind durch eine über eine feste Rolle geführte Schnur mit einander verbunden, jeder Eisenkern taucht in eine Spule ein. Die eine dieser beiden Spulen liegt im Hauptstromkreis, die andere im Nebenschluß, die Kräfte beider werden sich bei ruhigem Brennen das Gleichgewicht halten; ist aber die Stromstärke oder die Spannung zu groß, so überwiegt jeweils die Kraft der Haupt- oder Nebenschlußspule und es werden die Kohlen auseinandergezogen oder zusammengeführt, bis wieder Kräftegleichgewicht herrscht. Die Lampen können in die Apparate entweder senkrecht oder um $\approx 30^\circ$ gegen die Senkrechte nach rückwärts geneigt eingesetzt werden; auch sind die Kohlenhalter so eingerichtet, daß die Kohlen gegeneinander vertauscht werden können, um bei Spektralversuchen die zu verwendenden Stoffe bequem in den Krater der dann unten stehenden + Kohle einführen zu können.

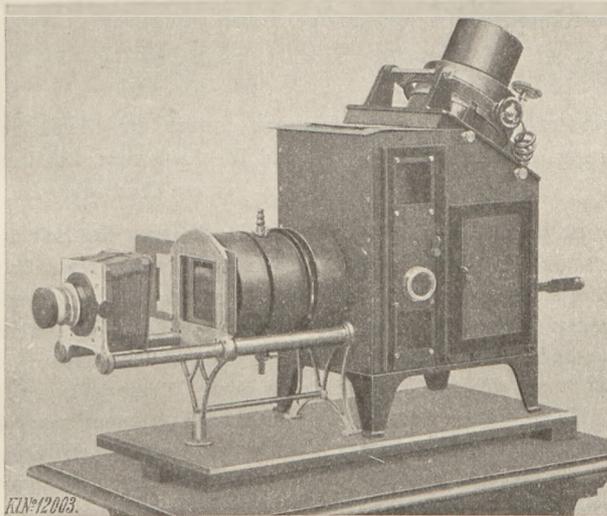


Fig. 1.

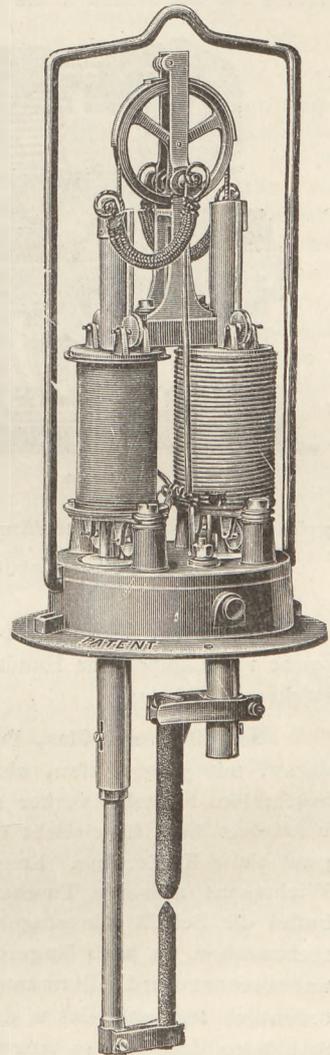


Fig. 2.

Die Wechselstromlampe Modell II (Beschreibung von Erzeugnissen und Anlagen der Elektr.-Akt.-Ges. vormals Schuckert & Co., Nürnberg, I, No. 17, 1901) zeigt hinsichtlich der Art der Kohlenbewegung das gleiche Prinzip: Stetige Nachstellung der Kohlenstifte, deren Stellung allein von den elektrischen Größen abhängig ist. Statt der langen Spulen ist aber hier eine Verbindung von zwei kleinen Wechselstrommotoren mit gemeinsamem Anker (D.R.-P. 78 728, 1893) verwendet, siehe Fig. 3. Durch Zahnräder ist mit der Rolle, über welche die die Kohlenhalter verbindende Kette geführt ist, eine Aluminiumscheibe verbunden, deren obere Hälfte an zwei symmetrisch zur Mittellinie liegenden Stellen von zwei Hufeisenmagneten umfaßt wird, deren einer im Hauptstrom, der andere im Nebenschluß liegt. Unterhalb jedes Magneten ist noch eine Eisenarmierung angeordnet, und jeder Magnet mit der zugehörigen Armierung stellt den felderzeugenden Teil eines Drehstrommotors dar, der durch die Phasenverschiebung zwischen den Feldern seiner Teile gegeneinander und gegen das in der Aluminiumscheibe induzierte Feld auf diese drehend wirkt (N. Tesla, Untersuchungen über Mehrphasenströme und Ströme hoher Frequenz. Zusammengestellt von

Martin, deutsch von Maser, Halle. W. Knapp, 1895 S. 65 ff.) Die beiden so gebildeten Motoren wirken entgegengesetzt auf ihren gemeinsamen Anker: die Aluminiumscheibe, in der gleichen Weise wie bei Modell *K* die Spulen auf die miteinander verbundenen Kerne. Die beschriebenen Wechselstromlampen werden nur vertikal in die Projektionsapparate eingesetzt; eine besondere Einstellung des Lichtbogens ist durch Verrücken der unteren Kohle gegen die obere zu bewirken.

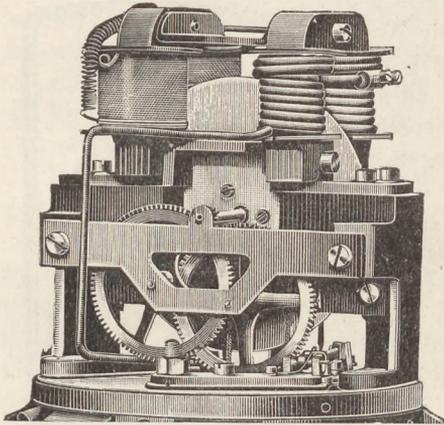


Fig. 3.

Die optischen Teile werden nicht von Schuckert selbst gefertigt, sondern, wenn Lieferung eines vollständigen Apparates gewünscht wird, von bewährten Spezialfirmen — z. B. Zeiß, Jena — bezogen.

Die Größe des im einzelnen Falle zu verwendenden Apparates hängt ab von der Größe der zu benutzenden Diapositive und dem zur Verfügung stehenden Raum, sowie der gewünschten Bildgröße. Für Gleichstrom gilt bei Diapositiven von $8,5 \times 10$ cm und einer Bild-

größe von $2 \div 3$ m Seitenlänge etwa folgendes:

Projektionsabstand:	5 ÷ 8	8 ÷ 10	> 10 Meter.
Stromstärke:	8 ÷ 10	10 ÷ 20	20 ÷ 35 Ampères.

Außer den beschriebenen Apparaten für selbsttätige Lampen liefert die Firma auch solche mit Lampen für Handregulierung, ebenfalls für Gleich- und Wechselstrom, für Stromstärken bis 30 Amp.

B. von Czudnochowski.

Schreiben auf Glas, Porzellan u. dgl. *Deutsche Mech.-Ztg.* 1901 S. 105. Es läßt sich darauf mit jeder guten, nicht zu alten „Kaisertinte“ leicht schreiben, wenn man die zu beschreibende Stelle vorher mit einem kleinen Lappen, den man mit der Tinte ein wenig befeuchtet hat, überwischen und trocken reibt. Zu leicht entfernbarer Schrift benutzt man gute blaue Kopiertinte. Eine gut haftende Schrift hingegen erhält man bei Benutzung von Wichmanns flüssigen Tuschen. Setzt man diesen Tuschen eine Spur Wasserglas zu, so haftet die Schrift wie eingebraunt. Man darf aber immer nur wenige Kubikzentimeter zurechtmachen, da nach längerem Stehen sich die Kieselsäure abscheidet, wodurch die Tusche unbrauchbar wird. Bormann (Berlin, Brüderstr.) liefert eine schwarze Ätztinte, die außerordentlich fest auf Glas u. dgl. haftet. Beim Schreiben damit benutze man eine mittelharte Stahlfeder, doch nur so lange, bis sie kratzt. Leicht abwischbare Bezeichnungen stellt man am besten mit Fettstiften in Holzmantel von A. W. Faber, Joh. Faber, Kurz u. a. her. Für Schriften auf Glas verwende man gelbe Stifte, für Schriften auf Messing hingegen blaue.

Über das Schreiben auf Glas u. dgl. mittels eines Platinbrenners macht Dr. TORSTEN THUNBERG in der *Deutschen Mech.-Ztg.* 1901 S. 128 beachtenswerte Mitteilungen. Er weist darauf hin, daß man mit einem weißglühenden Platinbrenner auf Glas ebenso gut wie mit einer guten Feder auf Papier schreiben kann. Man vermag so einfachere Projektionsbilder anzufertigen, denn die Linien treten bei der Projektion dunkel hervor, nötigenfalls kann man sie durch Anreiben mit einem Blei- oder Farbstifte verstärken. Auch beim Glasblasen ist der Platinbrenner nützlich, da man mit ihm eine bestimmte Stelle einer hohen Wärme aussetzen kann, ohne daß diese sich stark nach den Seiten verbreitet. Besonders hervorzuheben ist die Leichtigkeit, womit man dünnes Glas mittels des Platinbrenners durchbohren kann. THUNBERG benutzte die Platinbrenner, die man zum Einbrennen von Zeichnungen auf Holz gebraucht. Den Brenner setzte er mit einer Wasserstrahl-Luftpumpe, die einen mit Benzindämpfen gemischten Luftstrom trieb, in Verbindung. Zum Schreiben verwandte er einen Stift mit feiner Spitze.

H.-M.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Hermann von Helmholtz. Von Leo Königsberger. I. Band. Mit drei Bildnissen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1902. XI und 375 S. M 8, geb. M 10 und M 12.

Es ist uneingeschränkter Dankes wert, daß der Verfasser, der durch sein gleichzeitiges Wirken an der Heidelberger Universität in nahe persönliche Beziehung zu Helmholtz getreten war, der wissenschaftlichen Welt diese Biographie des genialen Forschers geschenkt hat. Der vorliegende erste Band reicht bis zur zweiten Verheiratung von Helmholtz im Jahre 1861; er umfaßt die Jugendjahre, dann die Königsberger, Bonner und den Anfang der Heidelberger Zeit. Es ist schwer zu sagen, was wir höher stellen sollen, die lebendige Schilderung der durch und durch wahrhaftigen, gegen Freunde und Mitstreibende gleich rücksichtsvollen und gerechten Persönlichkeit oder die knappe und doch meisterhaft klare und scharfe Kennzeichnung der wissenschaftlichen Leistungen Helmholtzens. In der ersteren Hinsicht finden wir von neuem bestätigt, eine wie vornehme Natur Helmholtz in den nicht seltenen Fällen gezeigt hat, in denen andere zu denselben Entdeckungen wie er selbst gelangt waren. Auch die leidige Prioritätsangelegenheit mit Robert Mayer kommt zur Sprache; zweifellos steht Helmholtz ohne den geringsten Makel da; doch wird das Verdienst Mayers in dieser Biographie nicht ganz so unbefangenen gewürdigt, wie etwa in Machs Prinzipien der Wärmelehre. In wissenschaftlicher Hinsicht stellt sich uns die Königsberger Periode Helmholtzens, mit der Paduaner Zeit Galileis vergleichbar, als das Erstaunlichste dar, was man sich an Fruchtbarkeit denken kann, zumal wenn man in Betracht zieht, daß Helmholtz gleichzeitig in der pathologischen Anatomie und der Physiologie Vorlesungen zu halten hatte. Willkommen ist auch, daß der Herausgeber aus den gedankenreichen, philosophische Fragen behandelnden Briefen des geistig bedeutenden Vaters größere Auszüge mitteilt und einen das künstlerische Gebiet streifenden anatomischen Einleitungsvortrag an der Akademie der Künste im Wortlaut wiedergibt. Dem zweiten Band wird man allseitig mit Spannung entgegensehen. P.

Leitfaden für den Unterricht in der Experimentalphysik an Ober-Realschulen, Realgymnasien und Gymnasien. Nach dem Lehrbuch der Physik von E. Budde bearbeitet von Prof. Dr. J. Kießling. Mit 272 Textabbildungen. VIII und 412 S. Berlin, Paul Parey, 1902. Geb. M 5,50.

Wenn das Ideal eines Lehrbuchs der Physik in einer Vereinigung systematischer Darstellung mit methodischer Behandlung des Stoffes zu erblicken ist, so kommt das vorliegende Lehrbuch diesem Ideal näher, als viele andere. Im Gesamteindruck allerdings überwiegt die erstere Seite noch etwas zu sehr; es liegt dies aber schon in der Tradition des älteren Buddeschen Buches, dessen Grundcharakter ein systematisch-deduktiver war. Um nur wenig herauszuheben, so erscheint die Behandlung der magnetischen Stromwirkung und der Tangentenbussole der systematischen Anordnung zu liebe allzuweit hinausgeschoben, Elektromotoren und Dynamomaschinen, die eng zusammengehören, sind voneinander und von den Wechselstrommaschinen aus systematischen Gründen getrennt. Im einzelnen dagegen ist zumeist den induktiv-methodischen Forderungen ihr Recht geworden. So entspricht namentlich die völlig umgearbeitete Magnetik und Elektrizität durchaus dem modernen Standpunkt. Erfreulich ist insbesondere die exakte Behandlung des Kraftlinienbegriffs und nicht minder der wohlüberlegt und allmählich vollzogene Übergang vom Ladungsgrad zum Potential. Den begrifflichen Gegensatz von Spannung und Potential auszugleichen, ist freilich auch dem Verfasser nicht gelungen. Und überhaupt ist es bei einem solchen Versuch durchgängiger Neugestaltung wohl nicht zu vermeiden, daß dies und jenes anfechtbar bleibt. So ist die Proportionalität der Ladungsstärke und der Ladungsmenge eines Elektroskops (S. 309) nicht willkürlich, sondern beruht auf der Definition der ersteren; die Erklärung der verschiedenen Dichte an der Oberfläche eines Leiters aus den Abstoßungskräften hypothetischer elektrischer Teilchen (von denen sonst kein Gebrauch gemacht ist) ist veraltet und könnte um so eher fehlen, als später (§ 504) die zureichende Begründung aus der Potentialtheorie gegeben ist. Ganz vortrefflich ist die Art, wie die Elemente der Potentialtheorie dargelegt und zur Erklärung der Erscheinungen verwandt sind. Besondere Sorgfalt hat der Verfasser den Maßbestimmungen der elektrischen Grundeinheiten gewidmet, ohne das Maß des für die Schule Brauchbaren und Wünschenswerten zu überschreiten.

Auch die übrigen Abschnitte sind durchgehend neu bearbeitet worden; es ist dem Referenten besonders erfreulich gewesen, konstatieren zu können, daß die in dieser Zeitschrift gegebenen Anregungen vielfach Beachtung und Verwendung gefunden haben. Zur Optik wäre indessen zu bemerken, daß die von Pernter uns an die Hand gegebene Erklärung des Regenbogens die ältere Descartessche Erklärung nicht ausschließt, sondern nur modifiziert; sonst wäre es unzulässig, in einem auf Exaktheit Anspruch machenden Buche überhaupt die letztere noch vorzutragen. — In der Mechanik hat der Verfasser am wenigsten verändert; diese bildete schon die Glanzseite des älteren Buches. Hier

sollten jedoch bei einer neuen Auflage auch einige Versehen bezüglich der leidigen Zentrifugalkraft verschwinden. Anerkennung verdient das Schlußkapitel des Buchs, in dem auf wenigen Seiten eine lehrreiche Übersicht über die Verwandlungen der Energie, ihre Quellen und ihre Zerstreuung gegeben ist.

Das Buch ist dem Titel nach in erster Reihe für Realanstalten bestimmt und für diese auch in hohem Maße zu empfehlen. Für Gymnasien dürfte der Stoff angesichts des neuerdings immer mehr sich geltend machenden Strebens nach Beschränkung noch zu reichlich bemessen sein; hier müßte eine Auswahl des unbedingt Verwendbaren stattfinden. Hinsichtlich der Experimente hat der Verfasser meist nur kurze Andeutungen gegeben; er macht aber im Vorwort die willkommene Mitteilung, daß er mit der Ausarbeitung eines „experimentellen Hilfsbuches“ beschäftigt ist, das die praktischen Erfahrungen des bewährten Experimentators der Allgemeinheit nutzbar machen wird. P.

Physikalische Grundbegriffe. Von P. Johannesson, Oberlehrer am Sophien-R.-G. in Berlin. Mit 54 Figuren auf 3 lithographierten Tafeln. Berlin, Julius Springer, 1902. 55 S. Kart. M 1,40.

Der „Physikalischen Mechanik“, die in Jahrgang XIV 111 besprochen ist, hat der Verfasser dieses Heft folgen lassen, das mit jener zusammen ein Lehrbuch für den Anfangsunterricht in der Physik bilden soll. Es umfaßt einen Abschnitt über das Licht, der bis zum Verständnis der Projektionslampe und der Spiegelablesung führt, einen über die Wärme, in dessen Mittelpunkt das Thermometer steht, zwei über die elektrischen Grundbegriffe und deren Anwendung, wobei der Niveaubegriff eine Hauptrolle spielt, einen über das „Galvanielement“ mit Messungen über Niveauunterschied und Stromstärke, einen über Magnetismus unter besonderer Berücksichtigung der Kraftlinien. Der Verfasser hat sich in Bezug auf die von ihm getroffene Auswahl eine außergewöhnliche Beschränkung auferlegt, sein Ziel ist die gedankliche Durchdringung des Stoffes, die durch übertriebene experimentelle Vorführungen nur zu leicht erstickt werde. Wir geben dem Verfasser in letzterer Hinsicht durchaus recht, möchten aber als Ergänzung hinzufügen, daß man auch in abstrahierender Betrachtung zu weit gehen kann. Gewiß sollen die Schüler schon auf der Unterstufe dazu angeleitet werden, sich klare und reinliche Vorstellungen zu bilden, aber doch sollten diese Vorstellungen aus den Tatsachen herauswachsen, nicht überwiegend als vorgebildete Begriffe an die Tatsachen herangebracht werden. Die Schüler haben, besonders auf der fraglichen Stufe, einen ungemeinen Durst nach dem Tatsächlichen, es ist nicht gut, wenn ihnen dieses von Anfang an mit einem zu straff gespannten Begriffsnetz überzogen wird; dem Empirismus entgeht man, um einem nicht weniger gefährlichen Dogmatismus zu verfallen. Wir glauben umso mehr das Recht zu einem solchen Einwurf zu haben, weil wir dem theoretischen Standpunkt des Verfassers durchaus sympathisch gegenüberstehen und das letzte Ergebnis auch des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Einsicht erkennen, daß es menschliche Ideen sind, durch die wir die Tatsachen verstehen und beherrschen.

Auf Einzelheiten möchten wir nicht eingehen, obwohl wir mehrfach von dem Verfasser abweichen. Der klaren und strengen Form der Darstellung gebührt rückhaltlose Anerkennung; kein Leser wird das Schriftchen ohne nachhaltige Anregung aus der Hand legen. Beachtung verdienen auch die jedem Abschnitt zugefügten Übungen, die teils Rechen- teils Denkaufgaben enthalten. P.

Physikbuch mit in den Text eingedruckten farbigen Abbildungen. Ein Lehrbuch der Physik für den Schulunterricht und zur Selbstbelehrung. Von Prof. W. Weiler. II. Band: Mechanik, mit 250 Abbildungen. 156 S. geb. M 2,50. III. Band: Schwingungen und Wellen, Akustik, mit 80 Abbildungen. 52 S. geb. M 1,20. IV. Band: Kalorik, mit 95 Abbildungen. 88 S. geb. M. 1,50. V. Band: Optik. Mit 202 Abbildungen. 139 S. Nebst geschichtlicher Tabelle und Fremdwörterklärung. Geb. M 2,50. Verlag von J. F. Schreiber, Eßlingen und München. (Kleine Bibliothek Schreiber No. 11—14.)

Der erste, Magnetismus und Elektrizität umfassende Band (Preis M 4,50) wurde bereits im letzten Jahrgang (S. 187) angezeigt. Das Prinzip der farbigen Abbildungen bewährt sich in vielen Fällen, namentlich auch bei Darstellungen aus der Natur recht gut, obschon Mißgriffe bei diesem ersten Versuch nicht ausgeblieben sind (z. B. Bd. II Fig. 8.). In die Mechanik sind vielfach Versuche aus dieser Zeitschrift aufgenommen, wie der Verfasser im Vorwort auch ausdrücklich hervorhebt. Manches Verfehlt in der Darstellung mag sich aus der Eile der Herstellung erklären; zum Bedenklichsten gehört, daß der Präzession eine Verlängerung des Sterntags um jährlich 4 Sekunden zugeschrieben wird. Im Band IV ist ein wenig geeigneter Versuch zur Bestimmung der Verdampfungswärme angegeben, der Leidenfrostsche Versuch durch eine zu stark übertreibende Figur erläutert. In Band V sind beim Regenbogen wohl Airy und Pernter erwähnt, ihre Erklärung aber nicht zur Einschränkung der Gültigkeit der Descartesschen Erklärung herangezogen. Die zu Band V zugefügte historische Tabelle bedürfte auch einiger Berichtigungen. Im ganzen betrachtet bieten die Bände

jedoch einen mit praktischem Blick zusammengestellten Stoff und können insbesondere auch durch die eigenartigen Figuren anregend wirken. P.

Die Weltherrin und ihr Schatten. Ein Vortrag über Energie und Entropie von Dr. Felix Auerbach, Professor an der Universität Jena. Jena, Gustav Fischer, 1902. 56 S. M 1,20.

Der Titel sagt bereits, was unter der Weltherrin und ihrem Schatten verstanden ist; sonst wäre es nicht leicht zu erraten. Auch die wörtliche Übersetzung von Entropie mit „Nach-innenkehrung“ ist nicht glücklich, da der Schöpfer dieses Begriffs dabei an Verwandlungen und deren Inhalt gedacht hat. Der Vortrag ist im übrigen ansprechend geschrieben und mit einer Reihe von Anmerkungen versehen, die auf Einzelheiten des Textes näher eingehen. P.

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1902. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner herausgegeben von Dr. J. M. Eder. 16. Jahrg. Mit 351 Abbildungen im Text und 29 Kunstbeilagen. Halle a. S., Wilhelm Knapp, 1902. IX und 755 S.

Der starke Band enthält außer dem laufenden Jahresbericht über die Fortschritte der Photographie und Reproduktionstechnik und dem Verzeichnis der Patente eine große Zahl von Originalbeiträgen, die fast die Hälfte des Bandes einnehmen. In physikalischer Hinsicht besonders bemerkenswert sind die Aufsätze von Neuhauß über Dreifarbenphotographie durch Körperfarben, von H. Krüß über die Messung der Helligkeit von Projektionsapparaten, von J. Elster über die photographische Wirkung von Becquerelstrahlen, von G. C. Schmidt über die chemischen Wirkungen der Kathodenstrahlen, von Monpillard über die stereoskopische Photographie kleiner Gegenstände, von J. Hartmann über ein Hilfsmittel zur Untersuchung von Objektiven, von A. Sieberg über das Photographieren von Halos, von Doležal über Stereoskopie. Die Kunstbeilagen sind ebensoviel Zeugnisse für die stets zunehmende Vervollkommnung der Reproduktionstechnik. P.

Anleitung zur Photographie von Pizzighelli. Mit 205 in den Text gedruckten Abbildungen und 24 Tafeln. 11. vermehrte und verbesserte Auflage. Halle a. S., Wilhelm Knapp, 1901. 396 S. Preis geb. M 4.

Das bekannte und geschätzte Buch hat mit dieser Auflage eine Verbreitung von 30000 Exemplaren erreicht. Diese Tatsache spricht dafür, daß das Buch in seinem Streben, in technischer und künstlerischer Beziehung ein treuer Berater zu sein, allseitige Anerkennung gefunden hat. Gegen frühere Auflagen — mir ist die achte aus dem Jahre 1897 zur Hand — ist es im Äußeren sehr zu seinem Vorteil fortgeschritten. Das Taschenbuchformat hat sich in das volle Oktav verwandelt. Dadurch ermöglichte sich die Aufnahme einer größeren Zahl künstlerischer Proben in nicht zu kleinem Maßstabe. Ferner entsprechen Papier und Druck jetzt auch verwöhnten Ansprüchen.

Die Anordnung des Stoffes ist, wie die Sache es mit sich bringt, die gleiche geblieben. Einen besonderen Abschnitt bei Besprechung der Kamera hat der Bildsucher erhalten. Die Apparate zur Aufnahme bewegter Szenen sind getrennt nach den Gesichtspunkten Kastenkamera und Klappkamera. Beim Negativprozeß werden behandelt der Ferrooxalat-, Pyrogallol-, Hydrochinon-, Eikonogen-, Metol-, Amidol-, Pyrokatechin-, Glyzin-, Rodinal-, Ortol-, Diogen-, Diphenal-, Adurol-Entwickler. Der Abschnitt Positivprozeß hat entsprechend der Entwicklung der Technik eine beträchtliche Erweiterung erfahren (Kopieren auf Bromsilberpapier, Chromatdruck, Hinterkleidung der Platten). Die Berechnung der approximativen Kosten der ersten photographischen Einrichtung fehlt mit Recht; denn die Grenzen dieser Kosten gehen nach der Mannigfaltigkeit der Ansprüche bei dem Angebot billiger Apparate einerseits und dem hohen Preise der neuesten Objektive andererseits sehr auseinander. Ebenso wenig wird es jemand stören, daß in der Vorschrift für den Sublimatverstärker (S. 183) Wasser kristallisiert statt destilliert verlangt ist. R. Heyne.

Die Elektrizität in Gasen. Von Dr. Johannes Stark. Mit 144 Abbildungen. Leipzig 1902. Johann Ambrosius Barth. 509 Seiten. 12 M.

Der Verfasser gibt in dem Werk eine zusammenfassende Darstellung der elektrischen Vorgänge in Gasen; der Inhalt der sehr umfangreichen und weit zerstreuten, übrigens in prinzipieller Hinsicht auch sehr verschiedenwertigen Litteratur ist an der Hand der Iontheorie systematisch geordnet und durch eigene experimentelle und theoretische Untersuchungen vermehrt. Man gewinnt also durch die Lektüre nicht nur einen vollständigen und klaren Überblick über die dem behandelten Gebiete zugehörigen Erscheinungen, sondern wird auch in beständiger Anwendung auf die verschiedenartigsten Probleme mit den Grundlagen der Ionenhypothese bekannt gemacht. Mathematische Herleitungen sind sparsam und immer elementar gegeben, die Ausgangsformeln allerdings nicht immer ohne weiteres verständlich (z. B. S. 190). Der wichtigste Arbeitsbegriff des Verfassers ist der Ionenstoß: indem Ionen große Spannungsdifferenzen frei durchlaufen, erhalten sie eine so große kinetische

Energie, daß sie durch ihren Stoß neutrale Teilchen unter Verwandlung von kinetischer in potentielle Ionenenergie ionisieren können (S. 54). Wir haben es hier mit einer Anwendung der kinetischen Gastheorie auf die Ionen zu tun, die auch in allen anderen Eigenschaften als Gas charakterisiert werden. Daß die vielfachen Bedenken gegen die Atomlehre überhaupt und die kinetische Gastheorie insbesondere sich gegen diese Ionenhypothese in verstärktem Maße richten müssen, ist selbstverständlich. Aber es ist fraglich, ob man etwas Besseres geben kann, wenn man bemüht ist, sich die Vorgänge möglichst zu veranschaulichen. In dem vorliegenden Werke erweisen sich die Ionen jedenfalls als ein äußerst wirksames Erklärungsmittel.

Äußerlich ordnet sich der Stoff in dem Buche gewissermaßen in konzentrischen Kreisen. Die Folgen sind ein häufiges Vorwegnehmen von Begriffen, die erst an späterem Ort ihre Definition erhalten, und vielfache Wiederholungen; leider fehlt ein Sachregister, das diese Übelstände mindern könnte. Eine Reihe von Schreib- und Druckfehlern werden aufmerksame Leser, wie sie die äußerst fleissige Arbeit entschieden verdient, leicht selbst verbessern können. *Hans Keferstein, Hamburg.*

Acht Vorträge über physikalische Chemie. Von J. H. van 't Hoff. Mit in den Text eingedruckten Abbildungen. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1902. 81 S. M 2,50.

Diese Vorträge wurden auf Einladung der Universität Chicago, bei Gelegenheit der zehnjährigen Gedenkfeier ihrer Gründung, gehalten. Den Inhalt derselben bilden die Beziehungen der physikalischen Chemie zur reinen und technischen Chemie, sowie zur Physiologie und Geologie. Im 1. und 2. Vortrage wird gezeigt, wie befruchtend die neuere physikalische Chemie auf gewisse Probleme der anorganischen Chemie eingewirkt hat; es wird die Theorie der Lösungen und die elektrolytische Dissoziation kurz charakterisiert und insbesondere das Problem der Reaktionsvoraussagung und die Messung der Reaktionsarbeit, unter kritischer Beleuchtung des Berthelotschen Prinzips der größten Arbeit behandelt. Im 3. und 4. Vortrage wird hauptsächlich die Anwendung der neueren Anschauungen auf die Metallkunde, insbesondere auf die zu einem besonderen Wissenschaftszweig herangewachsene Stahlkunde, die „Siderologie“ erörtert; es wird gezeigt, wie die Übertragung der Gesetze der flüssigen Lösungen auf die sogenannten festen Lösungen einen Einblick in das Verhalten der kohlenstoffhaltigen Eisenformen ermöglicht hat. Im 5. und 6. Vortrage werden die Beziehungen der Theorie der Lösungen zu verschiedenen Lebensvorgängen dargelegt, beispielsweise der enge Zusammenhang zwischen der Funktion der roten Blutkörperchen und dem osmotischen Druck der umgebenden Flüssigkeit. Des weiteren wird noch auf ein sehr aktuelles Thema, das der Enzyme, eingegangen und deren Bedeutung für die höchsten Ziele der synthetischen organischen Chemie berührt. In den beiden letzten Vorträgen begegnen wir dem Verfasser auf seinem neuesten Arbeitsgebiet; sie beschäftigen sich mit dem schwierigen Problem der Krystallisationsvorgänge in komplexen Lösungen, wie solche z. B. für die Entstehung der Staßfurter Salzablagerungen in ausgedehntem Maße anzunehmen sind. Eigenartige stereometrische Figuren kommen hier dem Verständnis wesentlich zu Hilfe. Im ganzen tritt durch die Schrift das Imposante der neuen Theorie, das darin besteht, daß sie auf die verschiedenartigsten Zweige der Wissenschaft und Technik so befruchtend einwirkt, klar zu Tage. Die gewählte Form des Vortrages macht die Lektüre der allgemein empfehlenswerten Schrift noch besonders anziehend. (1.

Dr. Fr. Rüdorffs Grundriffs der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Völlig neu bearbeitet von Dr. Robert Lüpke, Oberlehrer am Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin. Mit 294 Holzschnitten und 2 Tafeln. Zwölfte Auflage. Berlin 1902. Verlag von H. W. Müller. XIV und 532 S. Brosch. 5 M, gebunden 5,60 M.

Die durchgreifende Umgestaltung, die das Lehrgebäude der Chemie in den beiden letzten Jahrzehnten erfahren hat, hat den chemischen Unterricht vor neue Aufgaben gestellt. Ihnen gerecht zu werden, hat als erster Wilhelm Ostwald in seinen Grundlinien der anorganischen Chemie (vergl. *d. Z. XIV, 114*) versucht. Diesem für den Studierenden bestimmten Werk ist nun ein in ähnlichem Sinne abgefaßtes Lehrbuch für höhere Schulen gefolgt. Bei der vorliegenden Neubearbeitung des Rüdorffschen Grundrisses hat Herr Lüpke sich nämlich zum Ziel gesetzt, die „Fortschritte der wissenschaftlichen und technischen Chemie in ausreichendem Maße“ zu berücksichtigen. Da diese aber „in erster Linie auf der konsequenten Anwendung des Energieprinzips“ beruhen, so dürfe, meint er, auch „ein für den chemischen Unterricht an höheren Schulen bestimmtes Lehrbuch die Beziehungen der chemischen Energie zu den anderen Energieformen nicht außer acht lassen“ und müsse daher „die Grundlehren der Thermochemie, Elektrochemie und Photochemie“ in sich aufnehmen; jedoch seien diese Lehren nicht einzeln für sich zu behandeln, sondern „der gesamte Unterrichtsgang muß von den Sätzen dieser Gebiete der physikalischen Chemie, besonders von der Theorie der elektrolytischen Dissoziation der Ionen, ohne welche man nicht mehr auskommt, durchdrungen sein“.

Was die hierin liegende Schätzung der neueren Vorstellungen betrifft, so wird man dem Verfasser zustimmen dürfen. Jedes streng wissenschaftliche Lehrbuch wird daher in Zukunft den neuen Vorstellungen Rechnung tragen müssen. Andere Aufgaben jedoch als ein Buch für angehende Naturforscher oder Techniker hat ein Schulbuch. Es soll die Elemente der reinen wie angewandten Chemie bringen und vor allem in die induktive Methode einführen. Hypothesen sind hierbei nur heranzuziehen, soweit man sie wirklich braucht. Über das, was die Elemente einer Wissenschaft ausmacht, kann man natürlich verschieden urteilen. Herr Lüpke rechnet jedoch vieles hierher, was man im allgemeinen selbst in Anfangsvorlesungen auf Hochschulen nicht vorträgt, beispielsweise die Messung der Stärke der Säuren nach der Geschwindigkeit ihrer Reaktionen, die Theorie der galvanischen Ketten und Akkumulatoren in recht weitem Umfange u. dergl. mehr. Ferner tritt dem Schüler hier von Anfang an eine Fülle von Hypothesen, und zwar von solchen, die nicht immer leicht aufzufassen sind, entgegen. Hierfür nur ein Beispiel. Nachdem im § 2 das Wesen des chemischen Vorgangs durch die bekannten Versuche mit Eisen- und Schwefelpulver erläutert worden ist, wird sofort (S. 5) hinzugefügt, daß „dieser Wechsel der Eigenschaften durch die Änderung des Energieinhalts, der ursprünglich den Bestandteilen des Gemenges in latenter Form als chemische Energie innewohnte“, bedingt ist; im Anschluß hieran wird weiter definiert, daß „jeder chemische Vorgang durch eine Änderung der chemischen Energie der aufeinander reagierenden Stoffe“ gekennzeichnet wird. Ob dies dem Sekundaner so verständlich sein wird, wie die übliche Art, die chemischen von den physikalischen Vorgängen zu unterscheiden, ist sehr zweifelhaft, umsomehr, als die Begriffe Energie und speziell chemische Energie außer durch das beigefügte Wort Leistungsfähigkeit nicht erklärt werden. Auch in der Berücksichtigung der technischen Chemie ist der Verf. sehr weit gegangen, wie die besonderen Abschnitte über Beleuchtungswesen, Sprengstoffe, photochemische Vorgänge u. s. w., sowie die zahlreichen graphischen Darstellungen und statistischen Tabellen lehren. Daß unter diesen Umständen von dem wohlbekanntesten alten Rüdorff nur sehr wenig übriggeblieben, vielmehr ein gänzlich neues — beiläufig bemerkt, doppelt so starkes — Buch entstanden ist, ist wohl selbstverständlich. Nur der organische Teil hat zunächst keine wesentliche Umarbeitung erfahren. Mineralogie und Geologie sind in der bisherigen Weise berücksichtigt.

Wenn auch hiernach das Buch als für die Hand des Schülers wenig geeignet bezeichnet werden muß, so hat es doch im übrigen große Vorzüge. Vor allem sind die neueren Anschauungen nicht äußerlich hineingearbeitet, sondern der Stoff ist durchaus von ihnen durchdrungen. Zu rühmen ist ferner die große Zahl neuer und guter, vor allem auch messender Versuche. Das Buch darf daher jedem Fachgenossen, der sich mit den neueren Vorstellungen und ihren Anwendungen vertraut machen will, warm empfohlen werden. Studierende werden es ebenfalls mit großem Vorteil benutzen. Übrigens ist der Hauptteil des Buches, die anorganische Chemie, gesondert zu haben. Schließlich sei auf einige Ungenauigkeiten hingewiesen: Die Verbindung FeS wird einmal Eisensulfür, das andere Mal Eisensulfid genannt (S. 5 und S. 23), die Definition des Begriffs „Gestein“ (S. 194) läßt zu wünschen übrig, und die Kapitelüberschrift „Einleitung in die Metalle“ (S. 205) müßte „Einleitung in die Chemie der Metalle“ heißen.

J. Schiff.

Naturlehre für höhere Mädchenschulen, Lehrerinnen-Seminarien und Mittelschulen. Von K. Meyer, Seminardirektor in Straßburg. Mit 286 Abbild., 2. verbess. Aufl., Leipzig, G. Freytag, 1902. 220 S. geb. M 2,20.

Das Buch ist in geschickter Weise den Bedürfnissen der oben genannten Anstalten angepaßt. Den Belehrungen über die alltäglichen physikalischen Erscheinungen, zumal über die des Haushaltes, ist besondere Sorgfalt gewidmet, und dementsprechend sind auch die chemischen Kapitel abgefaßt, beispielsweise finden sich etliche organische Substanzen berücksichtigt. Wenn man auch mit manchen Einzelheiten nicht ganz einverstanden sein kann — so ist ohne rechten Grund in der Wärmelehre zuerst die Wärmeleitung, ja sogar die Strahlung und dann erst die Ausdehnung behandelt, auch haben die „elektrischen Grundgesetze“ z. T. eine etwas merkwürdige Fassung erhalten — so ist doch im ganzen die Auswahl geschickt getroffen, die Ausdrucksweise fließend, auch berühren die historischen Hinweise in erzählender Form angenehm, kurzum das Buch ist wohl geeignet, in den Kreisen, für die es bestimmt ist, Interesse für die Naturlehre zu erwecken. Ein Register fehlt.

O.

Lehrbuch der anorganischen Chemie. Von Prof. Dr. J. Lorscheid. 15. Aufl. von Dr. F. Lehmann, Siegen. Mit 221 Abbild. u. einer Spektraltafel in Farbendruck. Freiburg i. B., Herder, 1902. 344 S. M 3,60, geb. M 4,10.

Der Bearbeiter des vielgebrauchten Lehrbuches ist mit Erfolg bemüht, durch Aufnahme der wichtigsten Bestandteile der modernen Theorien, wie der thermochemischen Gesetze und der elektrolytischen Dissoziation, das Buch den neueren Anforderungen entsprechend zu gestalten. Auch in der

Metallkunde ist den neueren Fortschritten Rechnung getragen, die statistischen Angaben sind nach amtlichen Quellen revidiert worden. Die bei Besprechung der vorigen Auflage (ds. Zeitschr. XIII 356) näher bezeichneten Mängel, besonders des einleitenden Teiles, sind zwar in der neuen Ausgabe ausgeglichen; dennoch wäre es erwünscht, wenn dieser ganze einleitende Teil einer gründlichen Umarbeitung unterzogen würde, wobei das Voranstellen der Definitionen zu vermeiden und überhaupt die Grundbegriffe mehr experimentell abzuleiten als zu definieren wären; auch der viele Kleindruck fielen zweckmäßig fort.

O.

Programm-Abhandlungen.

Der Anfangsunterricht der Chemie und Mineralogie in Frage und Antwort. Nach dem methodischen Lehrgang von Arendt bearbeitet von Dr. E. Zimmermann, Städt. R.-S. zu Elberfeld, 1902. Progr.-No. 551. 144 S. 8°.

Der Verf. stellt in engstem Anschluß an die Lehrstoffgliederung in den Arendtschen Lehrbüchern, gewissermaßen als eine Ergänzung zu diesen, 508 kurzgefaßte Fragen auf und gibt dazu die entsprechenden, oft recht ausführlichen Antworten. Es wird dadurch, wie es auch in der Absicht des Verf. liegt, dem Lehrer ein nützliches Hilfsmittel der Vorbereitung und dem Schüler Gelegenheit geboten, durch eigenes Nachdenken den Lehrstoff sich noch mehr zu eigen zu machen — sofern diese Fragen ohne die Antworten den einzelnen Abschnitten eingefügt werden. Anzuerkennen ist das wiederholt hervortretende Prinzip, auch die physikalische Seite der chemischen Erscheinungen gebührend mit in Betracht zu ziehen. Auch tritt der Verf., unter Bezugnahme auf die Pietzkersche Rede in der Aachener Naturforscherversammlung über „Sprachunterricht und Sachunterricht“, nachdrücklich für eine weitere Ausdehnung des naturwissenschaftlichen Unterrichts ein. Die mit Sorgfalt und Sachkenntnis verfaßte Arbeit kann auch bei der Aufstellung schriftlicher Übungsarbeiten passend Verwendung finden.

O.

Versammlungen und Vereine.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus zu Berlin.

30. September bis 11. Oktober 1902.

Der Kursus wurde am 30. September durch den mit seiner Leitung beauftragten Provinzialschulrat, Geh. Regierungsrat Dr. Vogel in den Räumen der alten Urania eröffnet. Daran schloß sich unter der Führung des Oberlehrers Dr. Röseler eine Besichtigung der mit dem Kursus verbundenen Ausstellung botanischer und zoologischer Lehrmittel. Die Zahl der aus der ganzen Monarchie einberufenen Teilnehmer betrug 33.

Das Arbeitsprogramm der einzelnen Tage umfaßte zunächst von 9 bis 10 $\frac{1}{2}$, bzw. 11 Uhr Vorträge. Es sprachen Dr. Süring, Abteilungsvorsteher am Königlichen Meteorologischen Institut: Über Wetterkarten und Wetterprognose (2mal 1 $\frac{1}{2}$ St.); Dr. Ruff: Über chemische Reaktionen bei hohen und tiefen Temperaturen (2mal 1 $\frac{1}{2}$ St.); Geh. Bergrat Professor Dr. Branco: Über Vulkane und Erdbeben (2 St.); Professor Dr. Miethe: Über farbige Photographie durch additive Synthese und über radioaktive Substanzen (je 1 $\frac{1}{2}$ St.); Professor Dr. Wedding: Über Fortschritte der Beleuchtungstechnik mit besonderer Berücksichtigung der schulhygienischen Anforderungen; Geh. Regierungsrat Professor Dr. Schwendener: Über den gegenwärtigen Stand der Deszendenzlehre in der Botanik.

Den Vorträgen folgte von 11 $\frac{1}{2}$ bis 1 $\frac{1}{2}$ Uhr Vormittags und von 3 $\frac{1}{2}$ bis 5 $\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittags praktisches Arbeiten in der alten Urania. Für diese Arbeiten waren die Teilnehmer in 3 Gruppen geteilt. Gruppe A arbeitete unter der Leitung des Oberlehrers Dr. Lüpke in einem Experimentierkursus über die wichtigsten Erscheinungen auf dem Gebiete der theoretischen und praktischen Elektrochemie (8mal 2 St.) und unter der Leitung des Mechanikers und Optikers Hintze praktisch in der mechanischen Werkstatt (7mal 2 St.). Gruppe B arbeitete unter Leitung des Astronomen Dr. Graff in einem praktischen Kursus über astronomische Messungsmethoden (7mal 2 St.) und ebenso wie Gruppe A unter der Leitung des Mechanikers Hintze in der mechanischen Werkstatt (8mal 2 St.). Für Gruppe C war unter der Leitung des Privatdozenten Dr. Kolkwitz in 8mal 2 St. ein mikroskopischer und physiologischer Kursus über hygienisch und wirtschaftlich wichtige Mikroorganismen und unter der Leitung des Oberlehrers Dr. Röseler, dem der Präparator Zehle zur Seite stand, in 7mal 2 St. ein Übungskursus in der Anfertigung zoologischer Präparate eingerichtet. An einem arbeitsfreien Nachmittage fand eine Besichtigung des meteorologischen und des astro-

physikalischen Observatoriums in Potsdam und an einem zweiten Nachmittage, an welchem die Tagesarbeiten etwas enger zusammengedrängt wurden, eine Besichtigung der Anlagen der Gesellschaft für Markt- und Kühllhallen statt. Den Schluß des Kursus bildete am 10. und 11. Oktober eine geologisch-botanische Exkursion noch der Sächsischen Schweiz, unter der Führung des Königlichen Landesgeologen Professor Dr. Potonié.

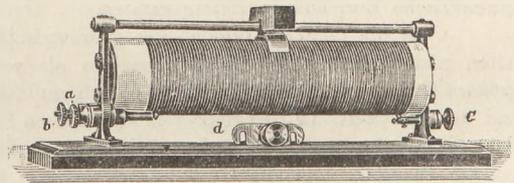
R. Heyne.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Parallelrheostat. D. R. G. M.

Von Gebrüder Fentzloff in Frankfurt a. M., Schweizerstraße 82.

Dieser neue Rheostat besitzt auf einem gemeinschaftlichen Zylinder zwei getrennte Wicklungen. Die Widerstandsdrähte liegen in zwei von einander getrennten Schraubengängen eines Porzellanzyinders eingebettet. Der Zylinder ruht auf zwei Lagerböcken, die durch eine Schieberstange mit einander verbunden sind, auf welcher ein Kontaktschieber mit isoliertem Griff verschiebbar ist. Die beiden Wicklungen endigen einerseits getrennt in den beiden Klemmen *a* und *b*, welche von dem Gestell isoliert sind, vereinigen sich dagegen gemeinschaftlich in der festen Klemme *c*. Man hat daher bei Anwendung der Klemmen *a* und *c* oder *b* und *c* die Hälfte des Gesamtwiderstandes, bei Anwendung der beiden isolierten Klemmen *a* und *b* dagegen den ganzen Widerstand induktionsfrei zur Verfügung, was bedeutende Vorteile bei Messungen, Eichungen u. s. w. bietet. Wenn endlich die beiden isolierten Klemmen durch die Parallelschiene *d* kurzschließen, so kann der Rheostat für die doppelte Belastung beansprucht werden, da dann beide Wicklungen parallel geschaltet sind. Ist der Rheostat z. B. für 15 Ampère maximale Belastung gebaut, so kann man ihn auf diese Weise mit 30 Ampère belasten, ohne daß man in dem Stromkreis irgend welche Änderungen vorzunehmen braucht. Der Rheostat, der sich als ein sehr brauchbares Unterrichtsmittel erweisen dürfte, wird für sehr verschiedene Maximalwerte und entsprechende Strombelastung hergestellt. Der Preis beträgt M 36.



Korrespondenz.

Zu der Frage des ptolemäischen und kopernikanischen Systems erhalten wir von Herrn Prof. M. Koppe folgende Zuschrift:

„Fragt man nicht, ob Ptolemäus oder Kopernikus recht hat, sondern nach dem richtigen Welt-system überhaupt, und sieht man von der fortschreitenden Bewegung von Sonne und Planeten im Fixsternraum ab, so muß man doch zugeben, daß um den Schwerpunkt des Systems (wo aber kein Planet oder Planetoid dauernd stationiert ist) nicht nur die Planeten große Bahnen beschreiben, sondern auch die Sonne eine kleine Bahn beschreibt. Daß die Bahn der Sonne ziemlich klein ist, kann doch kein Grund sein, ihrer nur als Kuriosität zu gedenken. Sie ist allerdings nicht durch phoronomische Untersuchung der Bewegungen gefunden, sondern nachdem man gelernt hatte, in den Bewegungen Kräfte zu erkennen, also durch mechanische Betrachtung. Diese wirkt etwa wie eine Lupe; sie macht Dinge bemerkbar, die vom natürlichen Auge übersehen werden.“

Die Bahn der Sonne, die jeder Astronom anerkennt, die bei allen Planeten- etc. Tafeln beachtet ist, ist ziemlich verwickelt; in ihren Grundzügen jedoch ist sie, da Jupiter alle anderen Planeten bei weitem überragt, weiter nichts als ein 1000 mal verkleinertes Abbild der Jupiterbahn, also 200 mal kleiner als die Erdbahn, etwa ein Kreis von 100 000 Meilen Radius. Der Radius der Sonne ist etwas kleiner, sodaß also der Punkt, um welchen die Sonne läuft, im allgemeinen außerhalb ihrer Masse liegt.

Die Lupe der Mechanik zeigt nun, daß die Kräfte, die einen Planeten durch seine geozentrische Epizykloidenbahn führen könnten, als physisch vorhanden undenkbar sind; sie zeigt aber auch, daß, wenn die Bewegung der Planeten in ihren heliozentrischen Bahnen eine absolute sein sollte, man in absurder Weise die Sonne als festgewurzelt, als allen Reaktionen entzogen, annehmen müßte. Die Formeln, nach denen heute die Bewegung eines Planeten oder Mondes dargestellt wird, sind nicht Ptolemäus, nicht Kopernikus, nicht Kepler, sondern Newton. Und wo Newton nicht ausreicht, werden empirische Glieder angehängt.

Der Plan, die Himmelsbewegungen auf ein von der Erde ausgehendes Koordinatensystem zu beziehen, ist nicht, wie Herr Häbler meint, bloß formale Möglichkeit, sondern ist schon längst ver-

wirklicht. Denn nur an geozentrischen Planetenörtern finden alle Weltsysteme und Theorien ihren Prüfstein.

Herr Häbler nimmt auf die von Galilei und Newton entwickelte Mechanik keine Rücksicht. Er will direkt die Bewegung auf die feste Gesamtheit der Fixsterne beziehen und die Ansicht des Kopernikus aus den Parallaxen (höchstens 1'') und der Aberration (20'') beweisen. Das sind so feine Beobachtungen, daß niemand sie selbst anstellen kann; noch dazu sind die Fernrohre nicht scharf genug, um die Bewegung in diesen minimalen Bahnen anders als in groben Umrissen festzustellen. Man kann so nicht entscheiden, ob die Erde um die Sonne, oder ob sie um den Schwerpunkt des Systems Erde-Sonne ihre Bahn bezüglich des festen Fixsternraumes beschreibt. Wäre in dem Schwerpunkt eine Masse dauernd unterzubringen, so könnte auf ihr ein Archimedes wohnen, er würde keine Spur von Fixsternparallaxen und von Aberrationsbahnen der Fixsterne wahrnehmen, auch wenn er ein Fernrohr von märchenhafter Schärfe besäße. Wohnte er aber auf der Sonne, so sähe er Fixsternparallaxen und Aberration.

Meiner Ansicht nach beruht das (modifizierte!) kopernikanische System heute auf der mechanischen Einfachheit, wie es bei seiner Aufstellung — die eine glückliche Vorahnung war — sich stützte auf phoronomische oder geometrische Einfachheit. Dabei wurden unbekannte geometrische Beziehungen richtig erraten.

Über die relativen Größen der geozentrischen Planetenbahnen und der Sonnenbahn wußten die Alten nichts auszusagen. Man nahm nur als wahrscheinlich an, daß die größere Umlaufzeit auf größere Entfernung deute. Ptolemäus bestimmt daher nur das Verhältnis der Radien des Deferenten und des Epizykels. In den Epizykeln der oberen Planeten, resp. den Deferenten der unteren, bewegten sich die Radien parallel zu dem jedesmaligen Radius der Sonnenbahn. Manche machten bei den unteren Planeten über die Größe der Bahn die willkürliche Annahme, daß der Deferent kongruent der Sonnenbahn sei, nicht bloß ähnlich sei und ähnlich durchlaufen werde. (Von Ptolemäus gilt dagegen wie von Newton: Hypotheses non fingo. Er beschränkte sich auf das, was zur Beschreibung der wirklich wahrgenommenen Erscheinungen nötig war.) Kopernikus ging weiter; er nahm zur Erreichung großer Einfachheit und Durchsichtigkeit seines Weltmodells an, daß auch die Epizykeln der oberen Planeten, also alle ptolemäischen Kreise mit 1 Jahr Umlaufzeit, kongruent der Sonnenbahn seien. Bewiesen war das nicht. Kopernikus sah aber, wie man bei schärferen Augen es beweisen könnte. Er sah, daß die Phasen der Venus die Entscheidung für die Venusbahn bringen mußten. Nach Erfindung des Fernrohrs wurde seine Vermutung bestätigt; ja auch die andern Planeten zeigten Phasen im ursprünglichen oder erweiterten Sinn, jenes Merkur und Mars, dieses Jupiter (Monde, die verfinstert werden), Saturn (Ring, der verschwindet, wenn seine Ebene durch die Sonne geht). Durch diese Phasen war man imstande, die bis dahin unbekannte Entfernung des Planeten von der Erde für verschiedene Zeitpunkte nach Sonnenweiten sicher festzustellen, also die geozentrische Bahn nach ihrer wirklichen Größe zu ermitteln. Dazu waren nur die populären Fernrohrversuche nötig, nicht Fernrohre mit eingeteilten Kreisen von solcher Genauigkeit, wie sie Bradley oder gar Bessel benutzte. Das Resultat war, daß Kopernikus' Ansicht von der Kongruenz derjenigen Ptolemäischen Kreise, die in 1 Jahr zu durchlaufen waren, bestätigt wurde.

Waren aber diese geozentrischen Bahnen von Kopernikus richtig erdacht, so war es eine einfache Aufgabe, sich die Bewegungen von der Sonne aus anzusehen und zu erkennen, daß nun überhaupt nur eine Bahn da war, die eine jährige Umlaufzeit hatte. Diese große geometrische Einfachheit sprach für das System; die Fixsternparallaxen, an die man sofort als entscheidend dachte, blieben aus, sodaß man die Fixsterne auf noch größere Entfernung hinausrücken mußte, als man bis dahin annahm. Ist der Fixsternhimmel unendlich weit, so ist, für die geometrische Beschreibung, Ptolemäus (mit der Ergänzung über die absoluten Größen der Bahnen) und Kopernikus identisch.

Kepler bestimmte unter Annahme der kopernikanischen Auffassung genauer die Geleise und den allgemeinen Fahrplan der Bahnen.

Newton endlich sucht zu diesen Bewegungen die Wurzel, wie Galilei zu der Wurfbewegung. Er findet, daß jede Masse jede andere anzieht, daß die Sonne aus 350 000 Erden zusammengesetzt ist u. s. f. Dadurch berechnet er Modifikationen der bisher nach Kopernikus und Kepler angenommenen Bewegungen, die von den Beobachtungen bestätigt werden. Das ist die heutige Astronomie, für die kein nach Kopernikus-Kepler hergestelltes Uhrwerk einen brauchbaren Ersatz liefert. Ihre Schönheit und Sicherheit beruht auf mechanischer Einsicht, die jeder sich leicht verschaffen kann, nicht auf den millionenfach verkleinerten Bildern der Bahnen, welche sich den Astronomen in Über-Fernrohren zeigen. Diese Verifikationen sind sehr roh.

Die obige Analyse des Überganges von Ptolemäus auf Kopernikus finde ich gut nur in Bohnenbergers Astronomie, Tübingen, 1811. Martus legt in seiner Astronomischen Geographie auf

Fixsternparallaxen und Aberration den größten Wert und benutzt ferner für die Ermittlung der η -Bahn die scheinbare Größe des η zu verschiedenen Zeiten, besonders auch die zur Zeit der Konjunktion = 15,755" (η am Tage dicht neben der Sonne!). Dies ist unzweifelhaft keine wirkliche Beobachtung, sondern ein aus dem astronomischen Jahrbuch bestimmter Wert. *M. Koppe.*

Zu dem Aufsatz über Neue Versuche mit dem Doppelthermoskop (XIV 257) fügt Herr Prof. Dr. LOOSER die Berichtigung hinzu, daß auf S. 258 an zwei Stellen „Methylenblau“ statt Äthylenblau zu setzen ist.

Für eine in Aussicht genommene neue Herausgabe der Physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt-Börnstein werden die Herren Fachgenossen ersucht, etwaige Hinweise auf Unrichtigkeiten oder Mängel, sowie Wünsche in Bezug auf Änderungen, Vervollständigungen oder Weglassungen an einen der Neubearbeiter — Prof. Dr. R. Börnstein (Wilmersdorf bei Berlin, Landhausstr. 10) und Prof. Dr. W. Meyerhoffer (Berlin, Umlandstr. 162) — einsenden zu wollen.

Der 5. internationale Kongreß für angewandte Chemie findet in Berlin vom 2. bis 8. Juni d. J. statt. Teilnehmerkarte 15 M. Meldungen beim Bureau, Charlottenburg bei Berlin, Marchstr. 21, wo auch ausführliche Programme ausgegeben werden.

Anfrage: Ist es möglich, das Innere einer unzugänglichen Flasche anders als durch Versilbern mit einem guten Leiter zu überziehen?
H. Kleinpeter.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

J. C. Pogendorffs biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften, IV. Bd. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. Leipzig, J. A. Barth, 1902. Lieferung 4—7 à M 3. — **August Kundt**, Vorlesungen über Experimentalphysik. Herausgegeben von Karl Scheel. Braunschweig, Frdr. Vieweg & Sohn, 1903. 852 S. M 15; geb. M 17. — **J. M. Pernter**, Meteorologische Optik. Mit zahlr. Abb. II. Abschnitt. Seite 55—212. Wien und Leipzig, W. Braumüller, 1902. M 4,20. — **Ostwalds Klassiker**: No. 131. M. Faraday, Experimental-Untersuchungen über Elektrizität, XIV. u. XV. Reihe. 48 S. M 0,80. No. 132. Th. Andrews, Über die Kontinuität der gasförmigen und flüssigen Zustände der Materie und über den gasförmigen Zustand der Materie. Leipzig, W. Engelmann. 81 S. M 1,40. — **B. Schwalbe**, F. Schoedlers Buch der Natur. 23., vollst. neu bearbeitete Auflage. II. Teil: Chemie, Mineralogie u. Geologie unter Mitw. von E. Schwalbe von H. Böttger herausgegeben. Mit 418 Abb. u. 9 Taf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1903. 766 S. M 12; geb. 13,50. — **F. Schmid**, Das Zodiakallicht. Zürich, E. Rascher, 1903. 22 S. M 1. — **W. Biscan**, Was ist Elektrizität? Leipzig, Hachmeister & Thal, 1903. 80 S. M 1,50. — **J. Kleiber**, Lehrbuch der Physik für technische Lehranstalten. Bearbeitet im Verein mit B. Karsten. München, R. Oldenbourg, 1902. 351 S. — **G. Melinat**, Physik für deutsche Lehrerbildungsanstalten. Mit 394 Abb. Leipzig, B. G. Teubner, 1903. 479 S. — **B. Lüpke**, Grundzüge der Elektrochemie auf experimenteller Basis. 2. Aufl. Mit 77 Abb. u. 28 Tabellen. Berlin, J. Springer, 1903. 286 S. M 5; geb. M 6. — **O. Dammer**, Handbuch der anorganischen Chemie. IV. Bd.: Die Fortschritte der anorganischen Chemie i. d. Jahren 1892—1902. Lief. 4—6. M 4 und M 6. — **A. Lipp**, Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Mit 12 Abb. 2. verb. Aufl. Stuttgart, Fr. Grub, 1903. 360 S. M 3,80.

Sonderabdrücke: F. A. Schulze, Über das Verhalten einiger Legierungen zum Gesetz von Wiedemann u. Franz. S.-A. Naturw. Rundsch. 1902. — B. Walter, Über die Entstehungsweise des Blitzes. S.-A. Ann. d. Phys. 1903. — B. Walter, Zwei Härteskalen für Röntgenröhren. S.-A. Fortschr. a. d. G. d. Röntgenstr. Bd. VI. — J. Elster u. H. Geitel, Messungen der Elektrizitätszerstreuung in der freien Luft. S.-A. Ber. Wien. Ak. 1902. — K. T. Fischer u. H. Alt, Erstarrungs- und Schmelzdruck des Stickstoffs; Siedepunkt, Gefrierpunkt u. Dampfspannung des reinen Stickstoffs bei niedrigen Drucken. Zwei S.-A. Ber. Münch. Akad. 1902. — H. Krabbo, Bischof Virgil von Salzburg u. s. kosmologischen Ideen. S.-A. Mitt. d. Inst. f. österr. Gesch.-Forschung. Bd. XXIV.

Katalog mathematischer Modelle für den höheren mathematischen Unterricht, von M. Schilling in Halle a. S. 6. Aufl. 1903. — Preisverzeichnis physikalischer Apparate, unter Bezugnahme auf das Normalverzeichnis für die physikalischen Sammlungen höherer Lehranstalten, von Leppin & Masche, umfassend Physik, Chemie und Photographie. Berlin 1903.

Himmelserscheinungen im April und Mai 1903.

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

	April						Mai						
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	
♄	AR	0 ^h 27 ^m	1. 3	1.45	2.20	2.59	3.35	4. 7	4.32	4.49	4.58	4.58	4.52
	D	+ 1 ^o	+ 5 ^o	+ 10 ^o	+ 15 ^o	+ 18 ^o	+ 21 ^o	+ 23 ^o	+ 24 ^o	+ 25 ^o	+ 24 ^o	+ 23 ^o	+ 21 ^o
♀	AR	2 ^h 48 ^m	3.12	3.37	4. 1	4.27	4.52	5.18	5.44	6. 9	6.35	7. 0	7.25
	D	+ 17	+ 19	+ 20	+ 22	+ 23	+ 24	+ 25	+ 25	+ 26	+ 25	+ 25	+ 24
☉	AR	0 ^h 53 ^m	1.12	1.30	1.49	2. 7	2.26	2.45	3. 5	3.24	3.44	4. 4	4.24
	D	+ 6	+ 8	+ 9	+ 11	+ 13	+ 14	+ 16	+ 17	+ 19	+ 20	+ 21	+ 22
♂	AR	12 ^h 22 ^m	12.15	12. 9	12. 3	11.59	11.56	11.54	11.53	11.53	11.55	11.57	12. 1
	D	+ 1	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 3	+ 3	+ 2	+ 2	+ 2	+ 1	+ 1
♃	AR		22.53		23. 1		23. 8		23.15		23.21		23.26
	D		- 8		- 7		- 7		- 6		- 5		- 5
♄	AR	20 ^h 41 ^m						20.47					
	D	- 19						- 18					
☉	Aufg.	5 ^h 30 ^m	5.18	5. 7	4.56	4.45	4.35	4.25	4.16	4. 8	4. 1	3.54	3.48
	Unterg.	18 ^h 37 ^m	18.46	18.55	19. 3	19.12	19.21	19.29	19.37	19.45	19.53	20. 0	20. 7
☾	Aufg.	10 ^h 57 ^m	17.11	22.49	1.42	3.52	6.47	12.29	18.31	23. 6	1. 6	3.15	7.45
	Unterg.	1 ^h 43 ^m	4.31	7. 1	11.16	16.50	22.45	1.39	3.53	7.11	12.12	18. 7	23. 7
Zeitgl.	Sternzeit im mittl. Mittg.	0 ^h 50 ^m 18 ^s	1.10. 1	1.29.44	1.49.26	2. 9. 9	2.28.52	2.48.35	3. 8.18	3.28. 0	3.47.43	4. 7.26	4.27. 9
		+ 3 ^m 4 ^s	+ 1.38	+ 0.18	- 0.53	- 1.54	- 2.43	- 3.18	- 3.41	- 3.49	- 3.43	- 3.23	- 2.49

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	April 27, 14 ^h 32 ^m Mai 26, 23 ^h 50 ^m	April 5, 2 ^h 52 ^m Mai 4, 8 ^h 26 ^m	April 12, 1 ^h 18 ^m Mai 11, 14 ^h 18 ^m	April 19, 22 ^h 31 ^m Mai 19, 16 ^h 18 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im April	zuletzt etwa 1/2 Std. lang im NW als Abendstern sichtbar	2 1/2 bis 3 Std. als Abendstern sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar	morgens zuletzt kurze Zeit sichtbar	morgens 1/2 bis 3/4 Stunden lang sichtbar
im Mai	in der Mitte des Monats 1 Std. lang sichtbar, zuletzt wieder unsichtbar	3 bis 2 3/4 Std. als Abendstern sichtbar	im ersten Teil der Nacht sichtbar	zuletzt morgens 1 Stunde lang sichtbar	geht etwa um Mitternacht auf.

Mondfinsternis am 11./12. April, sichtbar in Berlin.

Eintritt des Mondes in den Halbschatten um 22^h 26^m, 4 M.E.Z., in den Kernschatten um 23^h 34^m, 4 M.E.Z.

Austritt des Mondes aus dem Kernschatten um 2^h 51^m, 5 M.E.Z., aus dem Halbschatten um 3^h 59^m, 7 M.E.Z.

Größte Verfinsternung gleich 0,97 Monddurchmessern um 1^h 13^m, 0.

Veränderliche Sterne: April 3, 22^h M.E.Z. W Sagitt.-Max. — 6, 23^h 11^m Algol-Min. — 7, 23^h 5^m δ Librae-Min. — 9, 20^h 0^m Algol-Min. — 11, 22^h β Lyrae-Min. — 14, 22^h 39^m δ Librae-Min. — 15, R Lyrae-Max. — 17, R Hydrae-Max. — 21, 22^h 13^m δ Librae-Min. — 24, 20^h β Lyrae-Min. — 27, 22^h β Lyrae-Max. — 28, 21^h 47^m δ Librae-Min. — 29, 21^h 43^m Algol-Min. — 30, 22^h ζ Gemin.-Max. — Mai 8, 21^h W Sagitt.-Min. — 9, R Lyrae-Min. — 11, 21^h W Sagitt.-Max. — 31, R Lyrae-Max.

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

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