Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VII. Jahrgang. Erstes Heft. Oktober 1893.

Das Influenzdrehfeld.

Von
Prof. W. Weiler in Esslingen.

Bei seinen, in dieser Zeitschrift *VI 154* (*1893*) veröffentlichten Versuchen über die elektrischen Kraftlinien fand der Verfasser, dass ein Glascylinder in mit schwefelsaurem Chinin etwas leitend gemachtem Terpentinöl oder auch frei rasch rotiert, wenn er zwischen die Elektroden einer Influenzmaschine auf eine Nadelspitze gebracht wird, und dass er sich wie ein Einphasenstrommotor verhält, d. h. je nach dem Antrieb nach der einen oder der andern Seite sich dreht. Da es sich, jedenfalls bei der ersten Anordnung, nicht um die bekannte Spitzenwirkung handeln konnte, so drängte sich der Gedanke auf, dass es nicht nur ein elektromagnetisches, sondern auch ein elektrostatisches oder Influenzdrehfeld gäbe. Während nun die hierzu nötigen Modelle angefertigt wurden, bestätigte der Artikel von Riccardo Arno „Über ein rotierendes Feld und durch elektrostatische Hysteresis bewirkte Rotationen" in Heft 2 der Elektrotechnischen Zeitschrift (*1893*) die Richtigkeit dieses Gedankens.

Der Apparat besteht aus einem Verteilungsapparat und einem Influenzdrehfeld. Der Verteilungsapparat schliesst sich an den in der Elektrotechnischen Zeitschrift 1892 S. 38 und in dieser Zeitschrift *V 189* (*1892*) beschriebenen Doppelcommutator des Verfassers an. Die Rechtecke (Fig. 1) *A* und *B* samt ihren Verlängerungen sind aus Stanniol oder einem andern Metall geschnitten und auf einen Glas- oder Ebonitcylinder gewickelt und befestigt. Ferner sind 1 und 2, sowie 3 und 4 isolierte Klemmen, deren Zuleitungsdrähte mittels Bürsten an den Stanniolstreifen schleifen. Man verbindet nun 1 leitend mit der positiven, 2 mit der negativen Elektrode einer Influenzmaschine und endlich 3 und 4 unter sich. Sobald die Maschine angetrieben wird, fliesst die positive Elektrizität von 1 über *A* nach 3, und von da über 4 nach *B*. Dreht man hierauf die Walze (Fig. 2) um eine halbe Wendung, so berührt jetzt die Bürste 3 den Streifen *B*, somit strömt die positive Elektrizität in umgekehrter Richtung von *B* nach *A*.

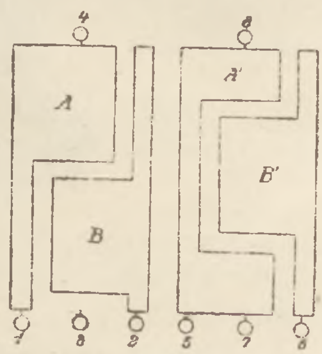


Fig. 1.

Die Walze mit den Metallstreifen *A* und *B* samt Zuleitungen stellt also den für Spannungselektrizität abgeänderten galvanischen Stromwender dar.

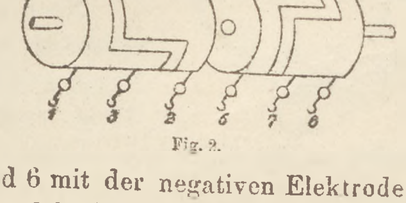


Fig. 2.

Verbindet man ferner 5 mit der positiven und 6 mit der negativen Elektrode der Influenzmaschine, sowie 7 mit 8, so sind die elektrischen Vorgänge bei der

Umdrehung der Walze mittels ihrer Kurbel ganz dieselben wie auf der linken Hälfte, doch mit dem Unterschied, dass der Elektrizitätswechsel um eine Viertelwendung später eintritt, weil die Lappen A' und B' gegen A und B um 90° versetzt sind.

Fig 3 zeigt den vollständig ausgeführten elektrostatischen Doppelwender. 1 und 5, sowie 2 und 6, sind durch isolierte Kupferdrähte mit einander verbunden, so dass von den Elektroden der Influenzmaschine nur zwei, durch Kautschuk isolierte Drähte nach 1 und 6 zu ziehen sind. Die Polklemmen sind in Ebonitplatten eingeschraubt und die Bürsten gegen die Walze hin verstellbar.

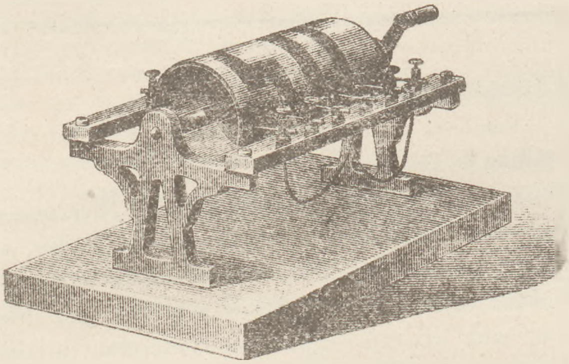


Fig. 3.

In Fig. 4 und 5 sind III und IV, VII und VIII Messing- oder Kupferstreifen; sie sind auf einer Hartgummiplatte festgeschraubt, mit Polklemmen versehen und so gebogen, dass sie einen Cylinder bilden; oder es sind Stanniolstreifen, die auf die Innenseite eines Halbliterglases geleimt sind und je $^1/_8$ des Umfanges einnehmen, wodurch der Luftzug abgeschlossen ist.

Auf einer Nadelspitze (Fig. 6) schwebt zwischen den Stanniolstreifen des Influenzdrehfeldes eine elektrische Nadel; sie besteht aus einem Ebonitstäbchen, an das zwei Papierstreifen P und N gekittet sind, denen man positive und negative Elektrizität erteilen kann. Oder es schwebt auf der Nadelspitze oder hängt an einem feinen, austordierten Seidenfaden ein sehr leichter Cylinder aus Glas, Ebonit, paraffiniertem oder schellackiertem Papier oder aus Glimmer, überhaupt aus einem Isolator (Fig. 4 und 5). Die Nadel kann auch ein zweimal rechtwinklig umgebogenes Glasröhrchen sein, an das zwei Aluminiumstreifen gekittet sind.

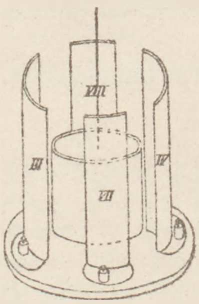


Fig. 4.

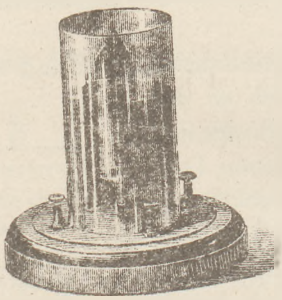


Fig. 5.

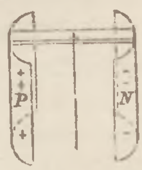


Fig. 6.

Gehen wir nun zu den Versuchen über. Man verbindet 1 und 2 der Walze mit den Elektroden der Influenzmaschine und 3 und 4 mit III und IV des Influenz-Drehfeldes (Fig. 4 und 7). Erhält III positive und demnach IV negative Elektrizität, so wird P von III abgestossen und von IV angezogen; die Nadel dreht sich also im Sinne der Uhrzeiger.

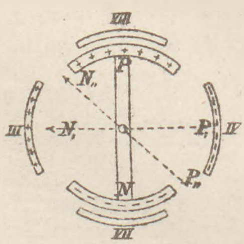


Fig. 7.

Nach einer halben Drehung der Walze wird III negativ elektrisch und das vorher angezogene N nun abgestossen. Durch geeignetes Umdrehen der Walze bringt man es leicht dahin, dass die Nadel in der eingeschlagenen Richtung weiter rotiert. Die elektrische Nadel verhält sich somit gerade wie eine magnetische Nadel unter dem Einfluss eines Wechselstromes.

Man verbindet hierauf 1 und 5 der Walze mit der positiven und 2 und 6 mit der negativen Elektrode der Influenzmaschine, sodann 3 mit III und 4 mit IV (Fig. 3, 4, 7, 8). Wird vorerst III wieder positiv elektrisiert, so wird P wieder von links nach rechts abgestossen; nach einer Vierteldrehung der Walze fliesst die positive Elektrizität auch von 8 nach VIII und P wird weiter nach rechts abgelenkt. Nimmt die Nadel eine Zwischenstellung ein, etwa $P_{,,}\ N_{,,}$, so steht sie unter der Einwirkung zweier Felder, da die Lappen der Walze einen solchen Umfang derselben bedecken, dass die benachbarten Streifen (Fig. 4, 5, 7, 8) längere Zeit zugleich elektrisiert werden und so die Nadel sich unter der Resultierenden beider Felder weiter dreht. Dadurch ist die Drehrichtung der Nadel eine ganz bestimmte geworden; die Nadel folgt stets dem rotierenden Drehfeld.

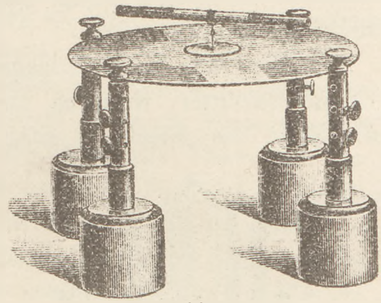


Fig. 8.

Die Nadel mit den beiden Aluminiumstreifen rotiert indes auch sehr rasch ohne vorhergehende Elektrisierung (Fig. 8).

Wir ersetzen die Nadel durch einen der oben angegebenen Cylinder aus Glas oder paraffiniertem Papier (Fig. 4, 5, 9). Wird nun III wieder positiv elektrisiert, so wird der dem Stanniolstreifen gegenüber befindliche Mantelstreifen von den Induktions- oder Kraftlinien durchsetzt und dadurch in den Molekülen des Dielektrikums eine Polarisation verursacht, die in dem Isolator einige Zeit hindurch bestehen wird. Nach einer Vierteldrehung der Walze wird auch VIII positiv elektrisch und zieht die polarisierte Seite des Cylinders herbei; nach einer weiteren Vierteldrehung des Verteilers ist auf dessen linker Seite die elektrische Verteilung umgekehrt worden und darum ist jetzt IV positiv elektrisch, d. h. die positive Elektrisation rotiert bei der gegebenen Anordnung im Sinne des Uhrzeigers und diesem Zuge folgt der leicht bewegliche Cylinder vermöge seiner elektrischen Nachwirkung oder Hysteresis.

Um diese Vorgänge so einfach als möglich vorführen zu können, ist nur von einem influierenden Teile, der positiven Elektrizität, die Rede gewesen; natürlich gelten dieselben Darstellungen für die die Wirkung verstärkende, diametral gegenüberliegende negative Seite.

Die Anordnung und die Vorgänge im vorangehenden Versuche entsprechen dem Drehfeld, dass durch zwei, um eine Viertelwendung gegen einander verschobene Wechselströme in zwei gekreuzten Elektromagneten erzeugt wird, und in dem eine Kupfer- oder Eisenscheibe mit oder ohne kurze geschlossene Wickelung rotiert.

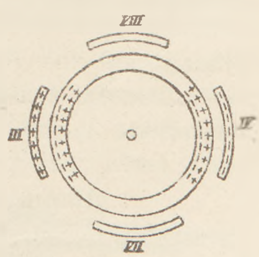


Fig. 9.

In dem Drehfeld der Fig. 8 würde über den Stanniolquadranten, denen der Verteiler die Elektrizität durch 4 Holtzsche Klemmen zuführt, eine paraffinierte Karton- oder eine Ebonitscheibe auf der centralen Nadelspitze rotieren.

In ein Glasgefäss von 6 bis 10 *cm* Weite und etwa 5 *cm* Höhe, an dessen Rand 4 starke federnde Drähte diametral so eingeklemmt sind, dass die kleinen Metallkugeln (Fig. 10) bis zum Boden reichen, schüttet man etwas Korkpulver (ein Kork wird an einer Holzraspel abgerieben) oder kleine Stückchen von Hollunder- oder Sonnenblumen-

Fig. 10.

1*

mark, dann verbindet man je zwei gegenüberliegende Drahtklemmen mit 3 und 4, sowie mit 7 und 8 der Walze. Die Korkkügelchen hüpfen von einer Kugel zur nächsten im Kreise herum und kehren auch um, wenn die Walze in umgekehrter Richtung gedreht wird.

Man füllt in das Glasgefäss Terpentinöl ein, rührt ein wenig schwefelsaures Chinin darunter, wodurch die Mischung etwas leitungsfähig wird und bringt in die Mitte der Mischung ganz wenig Korkpulver: sobald die Kurbel der Walze gedreht wird, rotiert das Pulver mit einer Geschwindigkeit, die von der Drehungszahl und von der durchdringenden Elektrizitätsstärke abhängig ist; auch hier folgt Umkehrung der Drehrichtung, wenn die Kurbel in umgekehrtem Sinne gedreht wird. Ein Erklärungsversuch durch Spitzenwirkung ist hier ganz ausgeschlossen; denn es findet eine Rotation durch die ganze Masse nach beiden Richtungen hin statt.

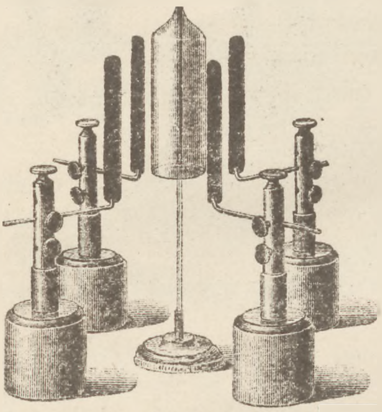


Fig. 11.

Fig. 11 zeigt, wie man das Influenzdrehfeld mittels Holtzscher Fussklemmen und einem Reagenzrohr zusammenstellen kann.

Diese Versuche, sowie die vom Verfasser in Heft 3 S. 129 dieser Zeitschrift (1893) bei seiner Demonstration der elektrischen Leitungssysteme angegebenen, setzen die statische und die galvanische Elektrizität in eine enge Verbindung, vermitteln den Übergang von der ersten Art zur zweiten und beweisen, dass jede, auf irgend welche Weise hervorgebrachte Elektrizität denselben Gesetzen folgt.

Zu messenden Versuchen ist der Cylinder bifilar und mit Spiegel versehen aufzuhängen. Alle Zuleitungsdrähte sind mit Guttapercha überzogen.

Die Bürsten dürfen die Walze kaum berühren; mit der Zeit wird eine freie Glasstrecke unter den Bürsten belegt und etwas leitend gemacht; man reibt darum diese Stellen mit Wolle oder Lederlappen sorgfältig ab.

Die Ergebnisse weiterer Untersuchungen werden nach Abschluss derselben mitgeteilt werden.[1]

Eine bequeme Form der Fallrinne.

Von

Prof. Dr. Walter König in Frankfurt a. M.

(Mitteilung aus dem Institut des Physikalischen Vereins daselbst.)

Die Atwoodsche Fallmaschine ist ohne Zweifel ein sehr geistreicher und lehrreicher Apparat. Aber um zu verstehen, wie die beabsichtigte Verlangsamung des Falles bei diesem Apparate erreicht wird, muss man den Unterschied von Masse und Gewicht und die Abhängigkeit der Beschleunigung von Kraft und Masse auseinandersetzen. So nützlich nun der Apparat gerade für die Erläuterung dieser Beziehungen ist, so bildet dieser Umstand doch eine Erschwerung seiner

---

[1]) Die alleinige Ausführung obiger Apparate hat die mechanische Werkstätte von Leybolds Nachfolger in Cöln a. R. übernommen und liefert in solider und schöner Ausführung den Verteilungsapparat oder Doppelwender Fig. 3 zu 89 M, das Influenzdrehfeld Fig. 5 zu 31 M, das Influenzfeld nach Fig. 11 zu 26,50 M und dasselbe nach Fig. 8 mit elektrischer Nadel zu 25,50 M.

Anwendung auf den ersten Stufen des Unterrichts in der Mechanik, da. wo man zunächst ausschliesslich die Bewegungen behandelt und die Fallbewegung nur als ein Beispiel einer gleichförmig beschleunigten Bewegung zu demonstrieren wünscht. Für diesen Zweck ist der alte Gallileische Fallapparat, die Fallrinne, offenbar besser geeignet, weil er einfacher und leichter verständlich ist. Die Wirkungsweise der Fallrinne ist eine unmittelbar anschauliche und bedarf zu ihrem Verständnisse nicht der Einführung neuer und schwieriger Begriffe; denn die Thatsache der langsamen Abwärtsbewegung auf einer schiefen Ebene und der Abhängigkeit dieser Geschwindigkeit von der Neigung der Ebene ist Jedem soweit geläufig, dass man von ihr vorläufigen Gebrauch machen kann, ohne sie durch Betrachtungen über die Kraft und ihre Zerlegung in Componenten erst genauer erläutern zu müssen. Gleichwohl scheint die Fallrinne etwas ausser Gebrauch gekommen zu sein und besonders in unseren Schulsammlungen zu fehlen. Ich glaube, dass zwei Umstände die Schuld daran tragen. Erstens ist die Fallrinne in ihrer üblichen Form, als eine ca. 2 m lange Holzrinne, ein unbequem langer in der Sammlung schlecht unterzubringender Apparat, zudem auch ziemlich kostspielig.[1]) Zweitens aber gestattet die Fallrinne in dieser Form nur die Beziehung zwischen Fallzeit und Fallraum zu prüfen, nicht aber die anderen Fallgesetze, vor allem nicht das Gesetz der constanten Beschleunigung, worin ihr also die Atwoodsche Fallmaschine entschieden überlegen ist. Ich habe mir hier eine Fallrinne bauen lassen, bei der diese Nachteile vermieden sind. Sie ist bei einer Gesammtlänge von nahezu $4^1/_2$ m in Teile zerlegbar, die nicht länger als 1 m sind, und sich leicht und sicher zusammenfügen und wieder auseinandernehmen lassen. Der Preis betrug etwa 13 Mk.; aber man kann sie sich mit geringeren Kosten ohne besondere Schwierigkeit selber herstellen. Vor allem aber hat sie den Vorteil, sich in Folge ihrer Zerlegbarkeit so aufstellen zu lassen, dass nur die eine Hälfte schräg liegt, die andere aber horizontal verlaufend an diese anstösst. Bei dieser Anordnung lassen sich alle Fallgesetze mit der Fallrinne ebensogut demonstrieren wie mit der Atwoodschen Fallmaschine.

Die eigentliche Fallrinne ist aus Metall. Sie wird von zwei starkwandigen Messingröhren von 9 mm äusserem Durchmesser gebildet, die in 3 cm Abstand ihrer Centren parallel neben einander herlaufen. Auf ihnen rollt die Kugel. Diese Röhren setzen sich aus Stücken von 1 m Länge zusammen, und die beiden nebeneinander liegenden Stücke dieser Länge sind jedes Mal durch drei Querbänder aus steifem Messingblech, auf die sie aufgelötet sind, im richtigen Abstande fest mit einander verbunden. Um diese Stücke von 1 m Länge scharf aneinander setzen zu können, sind in die Röhren an einem Ende kurze Stücke eines etwas engeren, gerade hineinpassenden Rohres zur Hälfte eingeschoben und innen festgelötet (Fig. 1). Auf die herausragenden Teile dieser Rohrstücke werden die freien Enden des nächsten Teiles der Fallrinne bis zur völligen Berührung der äusseren Röhren aufgeschoben. In dieser Weise kann aus vier Teilen von 1 m Länge und einem weiteren Ansatz von 40 cm Länge eine Fallrinne von 4,40 m zusammengesetzt werden. Um sie in passender Neigung aufzustellen, werden auf dem Vorlesungstische in Abständen von 1 m parallelepipedische Holzklötze von 7, 14 und

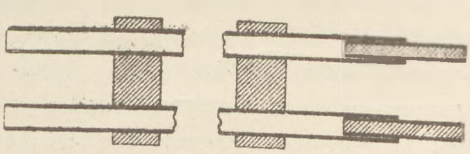


Fig. 1.

[1]) Das Bertramsche Modell kostet bei Ernecke in Berlin 24 Mk.

21 cm Höhe aufgestellt (Fig. 2a) und die Rinne so darübergelegt, dass ihr unteres Ende auf dem Tische liegt und die Klötze die Röhren in den Punkten, wo sie zusammengesetzt sind, unterstützen; die Neigung der Rinne beträgt dann ca. 4°.

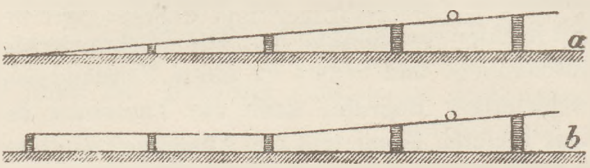


Fig. 2.

Mit Klötzen von anderen Höhen kann man andere Neigungen hervorbringen. Bei der beschriebenen Aufstellung wird die ganze Länge der Rinne für den Fall ausgenutzt. Um das Gesetz von der Constanz der Beschleunigung zu zeigen, wird die Rinne geteilt (Fig. 2b); die eine Hälfte wird auf drei Klötzen von 14 cm Höhe horizontal, die andere wie vorher auf den höheren Klötzen schräg gestellt, derart, dass beide Teile mit ihren freien Enden auf dem mittelsten Klotze scharf aneinander stossen. Befestigt man diese Enden mit etwas Wachs auf dem Klotze und sorgt man, wenn nötig durch Unterlegen eines dünnen Plättchens, dafür, dass der schräge Teil mit dem horizontalen genau in den oberen Flächen der Röhren zusammenstossen, so vollzieht sich der Übergang der herabrollenden Kugel von dem schrägen Teil auf den horizontalen ohne wesentlichen Energieverlust. Als Kugel wurde eine Elfenbeinkugel von 4,56 cm Durchmesser verwandt, wie sie als Bestandteil eines anderen Apparates gerade vorhanden war. Als Zeitmesser diente ein Metronom. Um die Durchgänge der Kugel durch bestimmte Punkte weithin sichtbar zu markieren, werden neben der Fallrinne auf kleinen Klötzchen dünne senkrechte Metallstäbchen aufgestellt, die unmittelbar über der Fallrinne flache, sehr leicht drehbare Papierzeiger tragen. Diese werden zu Anfang des Versuches senkrecht zur Rinne eingestellt; die vorbeirollende Kugel schlägt sie zur Seite und macht damit den Durchgang durch den betreffenden Punkt im ganzen Auditorium gleichmässig sichtbar. Die Entfernungen auf der Fallrinne endlich werden mit Hilfe eines grossen Centimeterstabes ebenfalls in einer überall sichtbaren Weise abgemessen.

Mit dem beschriebenen Apparate haben die Versuche etwa folgenden Verlauf. Bei der gewählten Neigung durchläuft die Kugel in der ersten Sekunde eine Strecke von nahezu 25 cm. Als Nullpunkt bezeichne ich den Punkt, in dem bei der Aufstellung *b* der schräge und der wagerechte Teil der Rinne zusammenstossen. Auf ihn wird der eine Zeiger dauernd eingestellt. Lässt man die Kugel von 25 cm Entfernung vom Nullpunkte herabrollen, so hat sie eine Geschwindigkeit von 50 cm/sec., wie man durch Zeiger in Abständen von 50 cm an der horizontalen Bahn nachweist. Es ist zweckmässig, die horizontale Bahn mit ganz schwacher Neigung so zu justieren, dass der verzögernde Effekt der Reibung möglichst ausgeglichen wird. Lässt man die Kugel von 100 cm Abstand vom Nullpunkt herabrollen, so braucht sie dazu zwei Sekunden und durchläuft in der dritten Sekunde 100 cm; für 225 cm auf dem schrägen Teile braucht sie drei Sekunden, und hat dann eine Geschwindigkeit von nahezu 150 cm. Schliesslich kann man mit der Aufstellung *a* noch nachweisen, dass die Kugel vier Sekunden braucht, um eine Strecke von 4 m auf der geneigten Bahn herabzurollen. Wendet man bei der Aufstellung *b* verschiedene Neigungen des schrägen Teiles an, so kann man auch angenähert den Satz beweisen, dass die Endgeschwindigkeit bei gleicher Fallhöhe stets die gleiche ist.

Natürlich lässt sich mit dieser Vorrichtung nicht die gleiche Genauigkeit der Resultate erwarten, wie bei einer gut gearbeiteten Atwoodschen Fallmaschine, bei der der störende Einfluss der Reibung durch sorgfältiges Einstellen und Ölen sehr weit herabgesetzt werden kann. Doch gelingen die Versuche trotz der hier nicht zu beseitigenden Störung durch die Reibung mit hinreichender Deutlichkeit, und ich halte dafür, dass sie den Vorzug haben, einfacher und darum für den Anfänger anschaulicher zu sein als die Versuche mit der Atwoodschen Maschine.

Ein hydrostatischer Apparat.

Von

G. Recknagel in Augsburg.

1. Der hier zu beschreibende Apparat soll zunächst dazu dienen, den Satz Stevins zu induzieren:

„Ein äusserer Druck P, den man auf einen Teil f der Grenzfläche einer rings von festen Wänden eingeschlossenen Flüssigkeit ausübt, wird durch die Flüssigkeit gleichmässig fortgepflanzt, so dass jeder Teil der Grenzfläche von der Grösse f einen inneren Druck von der Grösse P erfährt."

Es soll somit der von Poske in dieser Zeitschrift (*VI 278*) angedeutete gedachte Versuch wirklich ausgeführt werden.

Die Einrichtung des Apparates[1]) wird durch Figur 1 deutlich: Auf den Metalldeckel eines starkwandigen Glasgefässes sind zwei mit Flanschen versehene Messingröhren aufgeschraubt, wobei Lederringe zwischen Deckel und Flanschen die Dichtung herstellen. In die Messingröhren f und F, von welchen die eine 10 mm, die andere 20 mm lichten Durchmesser hat, sind massive Messingcylinder von 40 mm Länge eingeschliffen. Die Beweglichkeit derselben wird durch Einschmieren mit feinem Öle (Nähmaschinenöl) erhöht. In jeden der beiden massiven Cylinder ist ein starker Draht eingesetzt, auf welchen eine ebene Platte aufgeschraubt werden kann. Es dienen hierzu zwei gleich dicke Messingplatten, von welchen die eine (A) 50 mm, die andere (B) 100 mm Durchmesser hat.

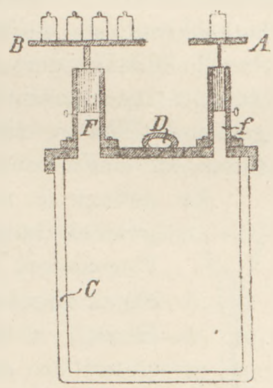


Fig. 1 (ca. 1/7 nat. Gr.).

Man füllt den Apparat bis zum oberen Rande der Messingröhren mit destilliertem Wasser und führt zuerst den grösseren Cylinder (B) ein, wobei das von ihm verdrängte Wasser bei A ausläuft. Sodann wird der kleinere Cylinder eingesetzt, wodurch sich der grössere etwas hebt.

Zunächst fällt nun auf, dass zwischen den beiden beweglichen Stücken selbst Gleichgewicht stattfindet, obwohl das Stück B viermal so schwer ist als A. Legt man ferner einen Gewichtstein von 100 gr auf den Tisch A, so sinkt A ein, während B steigt. Diese Bewegung kann nicht verhindert werden, indem man auch auf B 100 gr auflegt. Selbst 200 gr genügen nicht. Das richtige Verhältnis der beiden Gewichte, die sich das Gleichgewicht halten sollen, wird demjenigen gleich sein müssen, in welchem die Gewichte der beiden Stücke A und B zu ein-

[1]) Der Apparat ist von Hermann Köpping in Nürnberg ausgeführt und kostet ohne die aufzulegenden Gewichtsteine und das Piëzometer 50 M, 20 Gewichtsteine à 50 g mit 2 Haltern (nach Beetz) 18 M, das Piëzometer 6 M.

ander stehen, also gleich dem Verhältnis der beiden Flächen, auf welche die Drücke ausgeübt werden.

Es kann noch eine weitere Probe beigefügt werden, indem man auf *A* 200 gr auflegt und diesen durch 800 gr auf *B* das Gleichgewicht hält.

Der Apparat ist zugleich ein Modell der hydraulischen Presse und dient zur Erläuterung des Arbeitsprinzips: Lässt man von irgend einer Gleichgewichtsstellung aus durch einen Druck auf *A*, der eben gross genug ist, die Reibung des ganzen Systems zu überwinden, Bewegung erzeugen, so wird durch das Sinken der Massen in *A* Arbeit (Spannkraft, pot. Energie) verbraucht, welche in *B* wieder gewonnen wird, indem hier die vierfache Masse um den vierten Teil des Weges emporgehoben wird.

Wie man sieht, hängt das Gelingen der Versuche davon ab, dass die Cylinder einigermaassen wasserdicht schliessen und dennoch hinreichend beweglich bleiben. Ersteres ist vermöge der Länge der Führung nicht allzu schwierig zu erreichen; die Erhaltung der Beweglichkeit aber ist dadurch bedingt, dass man den Apparat reinlich hält, insbesondere die Kalkabsonderungen des Brunnenwassers vermeidet, sorgfältig ölt, die Tische *A*, *B* horizontal stellt und die Gewichte central aufsetzt.

Obwohl es angenehm wäre, auch einen Versuch über Seitendruck und Niederdruck beifügen zu können und es keine constructive Schwierigkeit bieten würde, den Apparat in diesem Sinne weiter auszubilden, so schien es mir doch zunächst besser, die Einfachheit und allseitige Durchsichtigkeit des Glasgefässes beizubehalten, als weitere Kittfugen hinzuzufügen.

2. Mittelst desselben Apparates lässt sich auch die Compressibilität der Flüssigkeiten nachweisen. Dieser Nachweis ist wichtig für Begründung des allgemeinen Urteils, dass kein Körper im Stande ist, einem äusseren Angriff zu widerstehen, ohne seine Form oder sein Volumen zu ändern.

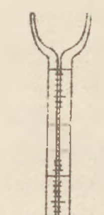


Fig. 2 (c. 3/8 n. Gr.).

Er gelingt in messbarer Weise, wenn man noch ein Piëzometer beifügt, welches durch die bisher verschlossene Öffnung *D* eingeführt wird. Das Piëzometer, welches sich für den vorliegenden Zweck eignet, ist in Fig. 2 abgebildet. Es besteht aus einem Glasfläschchen (von ca. 100 ccm Inhalt), in dessen Hals eine mit Millimeterteilung versehene Thermometerröhre eingeschliffen ist. Das obere Ende der Röhre ist zu einem Näpfchen erweitert. Füllt man das Glasfläschchen ganz mit destilliertem Wasser und führt sodann die eingeschliffene Röhre ein, so steigt in dieser das Wasser bis zu dem Näpfchen empor. Das Näpfchen selbst wird nun mit Quecksilber gefüllt und der so zusammengestellte Apparat mittelst eines Drahtgestelles durch die Öffnung *D* eingelassen.

Um das Gelingen des Versuchs zu sichern, hat man auf die Temperatur des Wassers einigermaassen Rücksicht zu nehmen. Am besten scheint es, eine grosse Flasche destillierten Wassers von Zimmertemperatur in Bereitschaft zu haben, aus dieser sowohl das grosse Glasgefäss des Apparates als das Piëzometer zu füllen und dann letzteres ein wenig mit der Hand zu erwärmen, so dass es um 1 bis 2 Grade wärmer in den Apparat eingesetzt wird. Hat man noch durch Rühren mit einer Nähnadel das Wasser soweit vertrieben, dass das Quecksilber an der Kapillare ansteht, so wird nach dem Einsetzen des Piëzometers alsbald Quecksilber in die Kapillare eintreten. Es würde den Versuch nicht geradezu vereiteln, wenn sich die ganze Kapillare mit Quecksilber füllen und solches in das Fläschchen abtropfen sollte, aber es ist günstiger, wenn das Ende des Quecksilberfadens innerhalb der Teilung liegt.

Nachdem die Öffnung D verschlossen ist, wird wieder der Apparat bis zum oberen Rande der Messingröhren mit Wasser gefüllt und der grössere Cylinder eingeführt, bis die Platte B auf dem Rande aufsitzt. Da dieser Cylinder bei dem jetzt auszuführenden Versuche nur als Verschluss dient, wird er mit einem Gewichtssteine von mindestens 2 kg belastet.

Es folgt sodann die luftfreie Einführung des kleineren Cylinders. Um denselben bis auf eine beliebige Tiefe einlassen zu können, ist 40 mm unterhalb des Randes eine kleine, in der Regel durch eine Schraube verschlossene Öffnung angebracht, durch welche Wasser abgelassen werden kann.

Setzt man nun 400 bis 500 g auf die Platte A, so wird man zunächst ein erhebliches Einsinken des Cylinders beobachten, und es ist nicht unzweckmässig, diese weithin sichtbare Volumveränderung durch eine angenäherte Messung und Rechnung als Bruchteil des gesamten Wasservolumens auszudrücken.

Gleichzeitig bemerkt man im Piëzometer ein Vordringen des Quecksilberfadens, welches zwar ebenfalls aus der Ferne gesehen, aber nur aus der Nähe abgelesen werden kann. Man wird zu diesem Zwecke durch wiederholtes Abheben und Aufsetzen von Gewichtsteinen den Versuch beliebig oft wiederholen und eine Reihe von Zahlenwerten ermitteln. Hat man vorher das zwischen zwei Teilstrichen abgegrenzte Volumen der Kapillare und das Volumen des Fläschchens festgestellt, so lässt sich aus diesen Zahlen zunächst ein Wert ableiten für die Volumenänderung welche der Inhalt des Fläschchens erfährt, wenn sich die Kraft welche auf je $\pi/4$ qcm der Grenzfläche des Wassers drückt, um Q g vermehrt, woraus dann das Maass der Compressibilität, nämlich die relative Volumabnahme, welche durch die Druckzunahme 1 Atm. oder 1 kg per qcm bewirkt wird, leicht erhalten wird.

Die mit dem Piëzometer gefundenen Werte sind durchaus befriedigend und weichen von dem bekannten Werte 0,00005 nicht wesentlich ab.

Hingegen sind die aus dem Eindringen des Cylinders A abgeleiteten Zahlen erheblich grösser und weisen auf die Erweiterung des grossen Glasgefässes hin.

Die hier experimentell behandelten Sätze kann man an die Spitze der Hydrostatik stellen. Die Sätze über die Wirkungen der Schwere, die als Bodendruck, Seitendruck und Auftrieb auftreten, ergeben sich für Gefässe von der Form gerader Prismen oder Cylinder unmittelbar, wenn man unter dem obigen Drucke P das Gewicht der Flüssigkeitssäule versteht, die vom oberen Niveau bis zu dem in beliebiger Tiefe angenommenen Querschnitte f hinabreicht.

Um auf den Fall überzugehen, wo sich die Flüssigkeit in einem unregelmässig geformten Gefässe befindet, darf man sich nur an den ersten Versuch erinnern, der unmittelbar lehrt, dass durch einen Niederdruck bei A (Fig. 3) an der Stelle B derselben Horizontalebene ein entsprechender Auftrieb hervorgebracht wird. Die Thatsache des Gleichgewichts in B belehrt uns, dass diesem Auftrieb von oben das Gleichgewicht gehalten wird, dass somit in der ganzen Horizontalebene AB der Druck von oben gleich gross ist. Zu diesem summiert sich überall das Gewicht der nach unten folgenden Flüssigkeitsschicht, und es folgt die gleiche

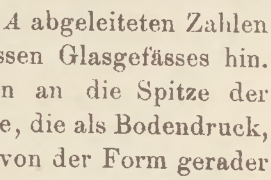


Fig. 3.

Betrachtung für eine Stelle B' in einer unteren Ebene, welche nicht mehr senkrecht unter AB liegt. Will man noch weiter eingehen, so wird die Compressibilität und die nach unten wachsende Dichtigkeit heranzuziehen sein.

Experimentelle Einführung in die Theorie der Magnet-Induktion unter Zugrundelegung der Theorie der magnetischen Kraftlinien.

Von

Dr. **P. Szymański** in Berlin.

Über die praktische Wichtigkeit der Theorie der magnetischen Kraftlinien besteht heutzutage kein Zweifel mehr; andererseits fällt auch der didaktische Wert dieser Theorie bei dem ersten Versuche, sie in den elementaren Unterricht einzuführen, so sehr in die Augen, dass man sich genötigt sieht, im Hinblick darauf die ganze Elektrizitätslehre einer sorgfältigen Durcharbeitung zu unterziehen. Besonders gilt dies von der Begründung der elektrischen Induktionserscheinungen mit Hilfe der Begriffe der Kraftlinien und des Kraftfeldes. Erscheinungen, die bei der üblichen Behandlungsweise der Induktion als vereinzelte Thatsachen auftreten, werden unter einem einheitlichen Gesichtspunkte mit einander verknüpft; isoliert stehende Gesetze und Gedankenreihen werden so zu sagen verdichtet und auf die gemeinsame Quelle zurückgeführt. Es giebt dann keine Volta-, Magnet- und unipolare Induktion, sondern alle diese Erscheinungen finden ihre Begründung durch die Thatsachen, die beim Schneiden der Kraftlinien beobachtet werden; ja noch mehr, während die übliche Begründung der Induktion, die von der Volta-Induktion ausgeht, nur qualitative Erscheinungen ergiebt, bietet die Theorie der Kraftlinien sofort ein Mittel, die Probleme der Induktion quantitativ anzugreifen. Selbstverständlich gewinnt der Schüler nebenbei bei dieser Art der Behandlung der Induktion eine Einsicht in die praktische Anwendung der Magnet-Induktion und eine Grundlage, die ihm ermöglicht, den Fortschritten der angewandten Elektrizität zu folgen, während ein Schüler, der nach der bisher üblichen Methode die Induktionserscheinungen kennen gelernt hat, sich auf einem ihm ganz fremden Gebiet befinden wird, wenn er irgend ein Buch über die praktische Anwendung der Elektrizität in die Hand nimmt. Damit soll keineswegs gefordert werden, dass der Unterricht in diesem Kapitel lediglich nach der Praxis zugeschnitten werde; man kann sehr wohl zuerst dem historischen Gange folgen und daran (gegebenenfalls in einem zweiten Kursus) die ergänzende und vertiefende Behandlung mit Hilfe der Kraftlinien anschliessen.

Im Folgenden soll eine Reihe von Apparaten und Versuchen beschrieben werden, die sich zu einer Einführung der erwähnten Art eignen. Im wesentlichen unterscheidet sich die hier gegebene Darstellung von der sonst gebräuchlichen dadurch, dass von der Bewegung eines L e i t e r e l e m e n t e s in einem g l e i c h f ö r m i g e n Kraftfelde ausgegangen wird. Vorausgesetzt wird, dass eine sorgfältige Behandlung des Begriffes der Kraftlinien und des Kraftfeldes auch nach der quantitativen Seite hin vorangegangen ist. Um im Unterrichte hierfür Zeit zu gewinnen, wird man allerdings die effektvollen Versuche der Reibungs-Elektrizität auf das notwendigste Minimum einschränken müssen. Versuche, die hauptsächlich das Auge des Schülers erfreuen, werden so durch Betrachtungen ersetzt, durch die vielmehr sein Urteil geschult wird.

I. Beschreibung der Apparate.

Zum Gelingen der Versuche braucht man vor allem ein empfindliches Spiegelgalvanometer, das bei quantitativen Versuchen durch passende Belastung des Magnetsystems in ein ballistisches Galvanometer verwandelt wird. Doch ist diese Änderung nicht absolut notwendig, und man erhält auch ohne dieselbe bei den Versuchen quantitativ vergleichbare Resultate, wenn nur die Bewegungen der Leiter möglichst rasch ausgeführt werden. Die im Folgenden angegebene Dimensionierung der Apparate wurde benutzt, als mit einem astatischen Thomsonschen Spiegelgalvanometer experimentiert wurde. Bei der Anwendung eines Wiedemannschen Spiegelgalvanometers älterer Construktion genügten die Apparate ebenfalls, obwohl die Ausschläge kleiner waren, als im ersten Falle. Selbstverständlich wird man, wenn mehrere Spulen zum Galvanometer zur Verfügung stehen, diejenige Combination wählen, welche die grösste Zahl der Ampère-Windungen ergiebt.

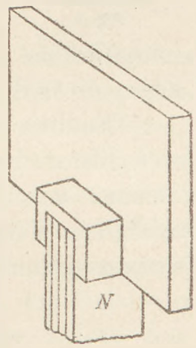


Fig. 1.

Das Kraftfeld wurde erzeugt durch einen permanenten Hufeisenmagneten, der aus 4 Lamellen bestand, die Schenkellänge betrug ca. 20 cm, der Querschnitt aller Lamellen 3 × 3 cm, der innere Abstand der Schenkel ca. 4 cm. Der Magnet ist auf einem Holzfuss in vertikaler Stellung fixiert. Zu dem Magneten gehören zwei Polschuhe aus weichem Schmiedeeisen (oder auch Gusseisen) von der in Figur 1 dargestellten Form, deren Dicke ungefähr 1 cm beträgt, und deren ebene einander zugekehrte Seiten 10 × 10 cm gross sind. Dieselben werden in der aus der Figur ersichtlichen Weise auf die Pole des Magneten aufgesetzt; dadurch erhält man zwischen den Platten ein ziemlich gleichförmiges Kraftfeld, das man sichtbar machen kann, wenn man Kartonstücke zwischen den Polschuhen in verschiedenen Lagen befestigt und Eisenfeilspähne darauf ausstreut.

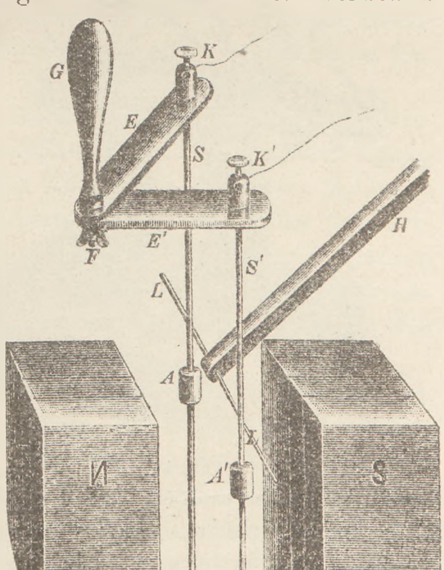


Fig. 2.

Hat man kein sehr empfindliches Galvanometer, so wird bei den meisten zu beschreibenden Versuchen ein Elektromagnet an Stelle des permanenten Stahlmagneten benutzt.

Weiter sind zu den Versuchen nötig zwei geradlinige Gleit-Schienen. Zwei Stäbchen *EE'* aus Ebonit oder hartem Holz (Fig. 2) sind scharnierartig mit Hilfe einer Schraube mit Flügelmutter mit einander verbunden und mit einem Holzgriff *G* versehen; an den freien Enden derselben sind zwei Klemmschrauben *KK'* befestigt, und in diese zwei Schienen aus blankem harten Kupferdraht von ca. 4 mm Durchmesser und von der Länge der Magnetschenkel senkrecht gegen die Ebonitstäbe eingeschraubt. Durch die scharnierartige Verbindung können die beiden Schienen parallel mit sich selbst verschoben und mit

Hilfe der Flügelmutter in verschiedenen Entfernungen von einander fixiert werden. Auf jeder der Schienen ist eine Hülse AA' streng verschiebbar angebracht, die bei

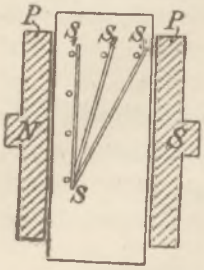


Fig. 3.

den Versuchen zur Begrenzung der anzuwendenden Länge des Geleises dient. Zur Vervollständigung des Geleise-Apparates gehört noch ein dünnes Brettchen BB' (Fig. 3), von solchen Dimensionen, dass es zwischen die Polschuhe des Magneten in senkrechter Lage gegen die ebenen Flächen hineingeschoben werden kann. Dasselbe ist mit zwei rechtwinklig gegeneinander angeordneten Reihen von Löchern versehen, in welche die Schienen des vorher beschriebenen Geleises hineinpassen. Als Leiter in denen die Induktion hervorgerufen wird, werden benutzt Stücke von blankem hartem Kupferdraht wie das Geleise, von verschiedener Länge, die mit einem Holzstiel H (Fig. 2) T-förmig verbunden sind.

Endlich sind noch Kraftlinien-Schienen erforderlich. Man stellt sich durch Eisenfeilspähne den Verlauf der aus den Endflächen des Magneten heraustretenden Kraftlinien her, und zwar in verschiedenen Ebenen, damit man den räumlichen Verlauf derselben erkennt. Von diesen werden einige aus der Begrenzungslinie der Polfläche heraustretende Kraftlinien fixiert und darnach aus blankem Kupferdraht derselben Sorte, aus der das Gleit Geleise hergestellt ist, Schienen in der aus Fig. 4 ersichtlichen Weise gebogen. Dieselben werden mit

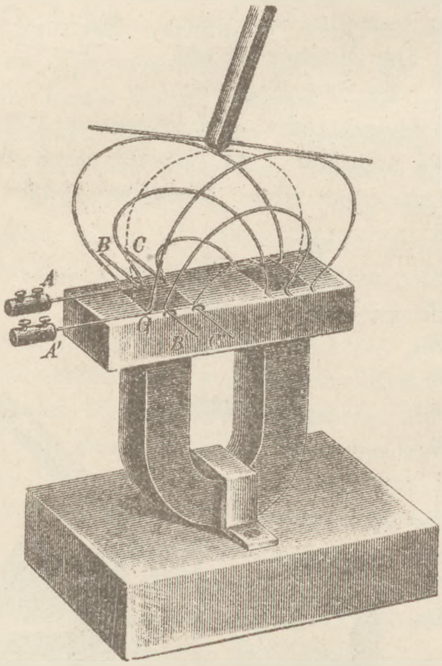


Fig. 4.

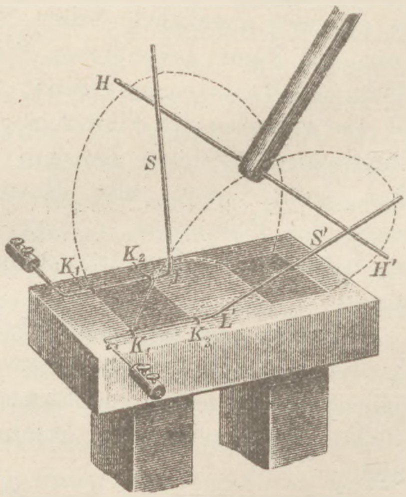


Fig. 5.

Hilfe kleiner Krammen am Holzgehäuse G befestigt, welches auf die Pole des Magneten aufgesetzt werden kann. Die Schienen besitzen an je einem Ende umgebogene Fortsätze, an die die Klemmschrauben zur Befestigung der nach dem Galvanometer führenden Drähte angeschraubt werden. In der Figur sind sechs solche Schienen dargestellt, von denen vier, nämlich A, A', C, C', die Kanten des zwischen den Polflächen des Magneten verlaufenden prismatoïdischen Kraftlinienbündels darstellen. Zu diesem Kraftlinien-Geleise passend ist das Geleise (Fig. 5), welches aus zwei Kupferdräthen besteht, die so gebogen und an dem Holzgehäuse befestigt sind, dass die Punkte $H\ L\ H'\ L'$ den senkrechten Querschnitt des aus den Polflächen heraustretenden Kraftlinienbündels an der breitesten Stelle (Aequatorialschnitt), dagegen die durch die Krammen K_1 K_2 K_3 K_4 fixierten Punkte den Querschnitt desselben Bündels an der schmalsten Stelle (Polschnitt) begrenzen. An den Enden der Schienen sind Klemmschrauben zur Aufnahme der Galvanometerdräthe befestigt.

Mit diesen Apparaten lassen sich, wie im Folgenden gezeigt werden soll, die Hauptsätze der Induktion in einem im Kraftfelde bewegten Leiterstück qualitativ und quantitativ ableiten. Die zur Ableitung der Gesetze der Induktion in geschlossenen Leitern und zur Erläuterung der complizierteren Fälle der Induktion erforderlichen Apparate und Versuche werden später beschrieben werden.

II. Versuche.

1. Das geradlinige Parallelgeleise (Fig. 2) wird so gestellt, dass die Entfernung der Schienen gleich der Breite der Schenkel des Magneten ist. Hält man dasselbe zwischen den Schenkeln des Magneten vertikal in der Aequatorialebene[1]) des Magneten und schiebt nun das geradlinige Leiterstück LL' rasch längs des Geleises von oben nach unten oder von unten nach oben, so dass das Seitenstück das Geleise rechtwinklig schneidet und auf demselben mit gutem Contakt gleitet, so zeigt das mit den Klemmen KK' verbundene Galvanometer zwei entgegengesetzt gerichtete Ausschläge. Der Versuch wird wiederholt, indem man das Geleise in die Axialebene[1]) bringt, in diesem Falle zeigt das Galvanometer keinen Ausschlag. Man giebt nun dem Geleise verschiedene Lagen in Bezug auf die Schenkel des Magneten und beobachtet die während der Bewegung des Leiterstücks stattfindende Ablenkung. Das Resultat der Versuche liefert die Thatsache, dass während der Bewegung des Leiterstücks LL' in demselben in der Längsrichtung ein Strom entsteht (also elektromotorische Kraft induziert wird), so oft es die Kraftlinien des Feldes schneidet; bewegt es sich parallel den Kraftlinien, so ist in der Längsrichtung desselben kein Strom vorhanden.

Die Grösse des Galvanometerausschlags ist bei derselben Lage und derselben gegenseitigen Entfernung der Schienen unabhängig von der absoluten Länge des bewegten Leiters; sie hängt ab nur von der Länge des durch die Schienen begrenzten Stückes, denn man erhält dieselben Ausschläge, ob man bei den Versuchen längere oder kürzere Leiterstücke LL' anwendet. Es wird zwar im ganzen Leiter LL' elektromotorische Kraft induziert, man erhält aber in dem Galvanometer nur einen Strom, der der Spannungsdifferenz an denjenigen Punkten des Leiters entspricht, die durch das Geleise bestimmt werden.

Wiederholt man die Versuche bei verschiedenen Entfernungen der Parallelschienen, so erhält man verschieden grosse Ausschläge, die desto kleiner werden, je kleiner die Entfernung der Schienen, d. h. je kleiner das durch die Schienen begrenzte Stück des Gleitleiters ist. Die Strecke, längs welcher der Gleitdraht bewegt wird (Gleitstrecke), muss bei diesen Versuchen dieselbe bleiben, was durch die an den Schienen angebrachten Hülsen ermöglicht wird. Hieraus folgert man, dass in jedem noch so kleinen Stück des Gleitleiters, wenn derselbe die Kraftlinien schneidet, eine elektromotorische Kraft induziert wird. Der ganze Gleitleiter verhält sich wie eine Batterie von hintereinander geschalteten Elementen, von der an zwei Stellen ein Strom abgezweigt wird. Um die Richtung der induzierten elektromotorischen Kraft resp. des Stromes zu ermitteln, prüft man die

---

[1]) Jede senkrecht auf der Verbindungslinie der Pole stehende Ebene soll Aequatorialebene, jede parallel dieser Linie gelegte Ebene Axialebene heissen.

Richtung des Galvanometerausschlages bei einem bekannten, einem schwachen Element (Kupfer-, Eisendraht zwischen feuchten Fingern) entnommenen Strome und vergleicht damit die Richtung der bei der Bewegung des Leiters induzierten Ströme. Die Untersuchung führt zu der bekannten Drei-Finger-Regel: Hält man an der Stelle, wo das Leiterstück sich augenblicklich befindet, den Zeigefinger der rechten Hand in der Richtung der Kraftlinie[2]), den Daumen in der Richtung der beabsichtigten Bewegung, so zeigt der Mittelfinger die Richtung des induzierten Stromes an.

Man wird nun diese Regel anwenden auf die complizierteren Fälle, wo das Galvanometer keinen Ausschlag zeigt, obgleich der Gleitleiter Kraftlinien (in verschiedenem Sinne) schneidet. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn man die Parallel-Schienen in der Ebene der Schenkel parallel denselben fixiert, so dass das Leiterstück die aus beiden Schenkeln heraustretenden Kraftlinien schneidet, oder wenn man das Leiterstück parallel den Polflächen bewegt, so dass die aus beiden Flächen heraustretenden Kraftlinien geschnitten werden. Der Leiter verhält sich in diesem Falle wie eine Batterie von hintereinandergeschalteten Elementen, die zu zwei gegeneinander geschalteten Gruppen angeordnet sind. Um die Richtigkeit dieser Vorstellung zu begründen, kann man durch Hinzunahme einer dritten Schiene eine Verbindung mit dem Galvanometer herstellen, so dass dasselbe die Summe der in dem Leiter induzierten entgegengesetzt gerichteten Ströme anzeigt.

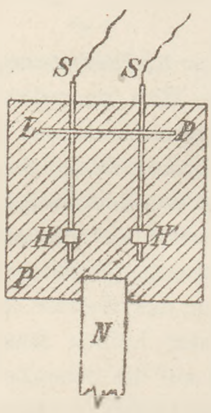


Fig. 6.

Zur Vervollständigung dieser einleitenden Versuche wird man noch bemerken, dass die Grösse der Ausschläge, also die Intensität der induzierten elektromotorischen Kraft bei derselben Länge des Leiters (zwischen den Schienen) und derselben Länge der Gleitstrecke abhängig ist von der Dichte der Kraftlinien des Feldes, was dadurch gezeigt wird, dass man den Leiter an den vier Grenzflächen der Schenkel bewegt. Je dichter die geschnittenen Kraftlinien liegen, desto grösser ist die induzierte elektromotorische Kraft. Auch die Abhängigkeit derselben von der Länge der Gleitstrecke lässt sich leicht demonstrieren.

2. Zur weiteren Entwickelung der Gesetze, besonders nach der quantitativen Richtung hin, wird das merklich gleichförmige Feld benutzt, welches zwischen den auf die Magnetschenkel aufgesetzten Polschuhen erzeugt wird. Man fixiert die Lage der Parallelschienen, so dass die Breite des durch sie begrenzten Streifens etwas kleiner ist, als die Entfernung der Polschuhe und begrenzt auf demselben durch die Anschlaghülsen HH' (Fig. 6) Strecken, die etwas kleiner sind, als die Breite der Polschuhe. Hält man nun die Schienen zwischen die Polschuhe in vertikaler und horizontaler Richtung, wie die Figuren 7 und 8 es andeuten, in denen S_1, S_2, S_3 die Querschnitte der Schienen, L das Leiterstück bedeutet, und bewegt den Leiter L längs der ganzen durch die Polschuhbreite bestimmten mit Hülfe der Hülsen HH' ($= AA'$ in Fig. 2) fixierten Strecke möglichst in gleichem Tempo und in einer Richtung, so dass die Ausschläge am Galvanometer gleichgerichtet sind[3]), so

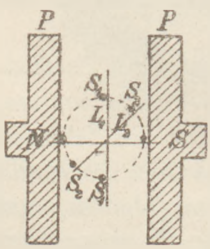


Fig. 7.

[2]) Die Richtung der Kraftlinie ist in der gebräuchlichen Weise definiert.

[3]) Diese letzte Bedingung ist nicht nötig, wenn das Galvanometer so justiert ist, dass es bei gleichen entgegengesetzt gerichteten Strömen gleiche entgegengesetzte Ausschläge giebt.

erhält man in beiden Fällen bei der Lage der Schienen S_1 die grössten gleichen, bei der Lage S_2 kleinere gleiche Ausschläge; befinden sich die Gleitschienen in der Lage S_3, so zeigt das Galvanometer keinen Ausschlag.

Man fixiert nun die Schienen gegen einander so, dass ihre Entfernung circa $^1/_3$ der Breite der Polschuhe beträgt und befestigt die Anschlaghülsen auf jeder derselben in einer Entfernung, die etwa gleich ist der Breite der Polschuhe, und hält dieselben in der Äquatorialebene vertikal und horizontal. Zur bequemen Fixierung der Entfernung und der Lage der Schienen schiebt man auf ihre Enden das Brettchen Fig. 3 und klemmt dieses durch Andrücken der Polschuhe in der gewünschten Lage fest. Bei der Bewegung des Leiters längs der durch die Hülsen begrenzten Strecke beobachtet man die in beiden Fällen gleichen Galvanometerausschläge. Nunmehr verdoppelt man die Entfernung der Schienen, verkürzt aber die durch die Anschlaghülsen begrenzten Strecken des Gleitgeleises auf die Hälfte. Bei der Bewegung des Leiters auf diesen Strecken in beiden Lagen der Schienen beobachtet man dieselben Ausschläge wie im ersten Fall. Verdreifacht man endlich die Entfernung der Schienen, kürzt aber die Länge der Gleitstrecke auf $^1/_3$ der ursprünglichen Länge ab, so beobachtet man bei der Bewegung des Leiters wiederum die gleichen Ausschläge, wie in den beiden ersten Fällen. Man kann den Schienen noch andere Lagen in der Äquatorialebene geben, und jedesmal erhält man, vorausgesetzt, dass die vom Gleitleiter bestrichene Fläche innerhalb des Polschuhraumes liegt, die gleichen Ausschläge.

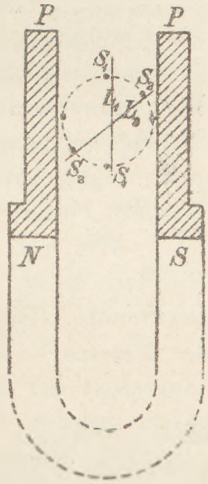


Fig. 8.

Bei den genannten Versuchen waren die vom Gleitleiter bestrichenen rechteckigen Flächen von gleichem Inhalt, und infolge der senkrecht gegen die Kraftlinien gerichteten Bewegung und der Gleichförmigkeit des Feldes wurde bei der Bewegung immer dieselbe Zahl der Kraftlinien geschnitten. Also ist die während der Bewegung des Gleitleiters in dem durch die Gleitschienen begrenzten Stück induzierte elektromotorische Kraft die gleiche, so lange die Zahl der von dem betrachteten bewegten Leiter in derselben Zeit geschnittenen Kraftlinien dieselbe bleibt.

In den oben angeführten Versuchen wurde der Gleitleiter rechtwinklig gegen die Kraftlinien bewegt; die Richtigkeit der Folgerung für den Fall eines schrägen Schneidens wird durch folgenden Versuch nachgewiesen. Man giebt den Gleitschienen nacheinander Entfernungen, die durch die Löcher $S'S$, $S''S$, $S'''S$ des Brettchens Fig. 3 bestimmt sind und bewegt das Gleitstück bei verschiedener Lage der Gleitschienen in Bezug auf die Vertikale auf der durch die Hülsen zu fixierenden Strecke. Die Gleichheit der Galvanometerausschläge lässt auf die Gleichheit der in verschiedenen Fällen inducierten elektromotorischen Kraft schliessen. Die Zahl der bei diesen Bewegungen geschnittenen Kraftlinien ist dieselbe gewesen, also gilt der oben gefolgerte Satz allgemeiner. Die Richtung des Gleitstückes gegen die Kraftlinien war geneigt, aber die Bewegungsrichtung gegen die Kraftlinien senkrecht gerichtet.

Wie leicht ersichtlich lässt sich der Versuch auch so anordnen, dass der Gleitleiter schräg gegen die Kraftlinien gestellt ist und schräg gegen dieselben bewegt wird. Die Vergleichung der hierbei inducierten elektromotorischen Kraft mit derjenigen, die erzeugt wird, wenn der Gleitleiter die Projektion der eben beschriebenen Fläche auf die Äquatorialebene bestreicht, beweist die Allgemeinheit des Satzes: Die in einem geradlinigen Leiterstück durch Schneiden der Kraftlinien eines homogenen magnetischen Feldes inducierte elektromotorische Kraft ist nur von der Zahl der in einer Zeiteinheit geschnittenen Kraftlinien abhängig.

Das mit der Zahl der geschnittenen Kraftlinien proportionale Wachsen der inducierten elektromotorischen Kraft lässt sich auch noch dadurch experimentell nachweisen, dass man den Gleitleiter in dem homogenen Felde entweder bei gleicher Entfernung der Gleitschienen auf verschiedenen Strecken oder bei gleichen Bewegungsstrecken bei verschiedener Entfernung der Gleitschienen so rasch bewegt, dass während der Bewegung die Magnetnadel des Galvanometers unmerklich ihre Gleichgewichtslage verlässt. Dies wird zwar nur bei dem ballistischen System ganz richtig sein; aber auch in dem Falle, wo die Nadel keine hinreichende Trägheit besitzt, erhält man quantitativ gut vergleichbare Resultate.

Wie man die Resultate auf krummlinige Leiter und krummlinige Bewegung erweitern kann, ist aus dem Vorigen ohne weiteres ersichtlich. Man hat nur nötig, gekrümmte Gleitschienen und krumme Gleitleiter anzuwenden. Zur Erläuterung der Gesetze bei ungleichförmigen Feldern besonders zur Demonstrierung der Abhängigkeit der induzierten elektromotorischen Kraft von der Dichte der Kraftlinien, werden einige Versuche mit den Kraftlinien-Schienen und dem dazu gehörigen Geleise Fig. 4 angestellt. Man befestigt die Schienen in der aus der Figur ersichtlichen Weise, verbindet je zwei zusammengehörige mit Hilfe von Klemmen $A\,A'$ mit dem Galvanometer und bewegt den Gleitleiter auf demselben so, dass seine Richtung parallel bleibt der Äquatorialebene. Der Leiter schneidet keine Kraftlinien, das Galvanometer giebt keinen Ausschlag[4]). Ersetzt man nun das Geleise 4 durch das Geleise Fig. 5 und bewegt den Gleitleiter auf den Schienen $S\,S'$ oder $K_1\,K_2$, $K'_1\,K'_2$, so erhält man Galvanometerausschläge. Bei dieser Bewegung werden Kraftlinien geschnitten, es wird elektromotorische Kraft induziert. Bewegt man den Gleitleiter einerseits längs der Schienen $S\,S'$ auf der Strecke, die durch die äusseren Kraftlinien begrenzt wird, andererseits auf den durch die Krammen $K_1\,K_2\,K_3\,K_4$ begrenzten Stücken, so ergeben sich gleiche Galvanometerausschläge. In beiden Fällen wird das ganze aus den Polflächen des Magneten heraustretende Kraftlinienbündel geschnitten und dieselbe elektromotorische Kraft induziert.

Aus den beschriebenen Versuchen ergiebt sich nur eine anschauliche Definition der *C. G. S.*-Einheit der elektromotorischen Kraft und nach Einführung derselben der Satz, dass die Zahl der Einheiten der elektromotorischen Kraft, die in einem im Kraftfelde bewegten geradlinigen Leiter induziert wird, gleich ist der Zahl der in der Zeiteinheit geschnittenen Kraftlinien. Durch diese demonstrative Begründung der Elemente der Induktion gewinnt man eine sichere Grundlage, auf der die complizierteren Fälle dieses Gebietes, wie dies später beschrieben werden soll, sich mit Leichtigkeit aufbauen lassen.

---

[4]) Der Gleitleiter müsste eigentlich etwas gebogen sein; die Darstellung der Kraftlinien in verschiedenen Ebenen zeigt aber, dass diese Biegung eine so geringe sein muss, dass sie vernachlässigt werden kann.

Die Brechung des Lichtes in einer Ebene.

Von
Hermann Hahn-Machenheimer in Berlin.

Das Nachfolgende ist der wesentliche Inhalt eines Vortrags, den ich am 28. Januar 1889 in dem Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin gehalten und in dem zu Ostern 1893 erschienenen Jahresbericht der Margarethenschule zu Berlin veröffentlicht habe. Da aber diese Schrift nur eine sehr geringe Verbreitung findet, so folge ich gern der Aufforderung des Herausgebers, die kleine Arbeit an dieser Stelle einem grösseren Kreise von Fachgenossen vorzulegen. Meine Ausführungen sollen eine Ergänzung bilden zu den „Beiträgen zur geometrischen Optik", die Karl Heinrich Schellbach in dieser Zeitschrift (*Jahrg. I*) veröffentlicht hat. Durch geometrische Betrachtungen werden auf ganz einfache Weise nicht nur ein Teil der Schellbachschen Ergebnisse, sondern auch, wenigstens für die Brechung des Lichtes in einer Ebene, die Haupteigenschaften sehr dünner Strahlenbündel hergeleitet. Es wurde dabei eine treffliche Abhandlung von Karl Sturm[1]) benutzt, die unverdienter Weise der Vergessenheit anheimgefallen ist. Die Darstellung ist eine systematische, keine methodische. Wenn auch in dieser Arbeit stellenweise Begriffe benutzt wurden, welche im Schulunterricht nicht verwendet zu werden pflegen, so dürfte doch die eine oder die andere Betrachtung, schulgerecht umgeformt, in der Prima neunklassiger Anstalten mit Nutzen verwertet werden können.

A. Die einfallenden Lichtstrahlen.

1. Zwei homogone isotrope Mittel M_1 und M_2 grenzen in einer Ebene aneinander. In M_1 befinde sich ein selbstleuchtender Körper, der einfarbiges Licht aussende, welches für M_1 das Brechungsverhältnis ν_1 und für M_2 das Brechungsverhältnis ν_2 besitze. Der leuchtende Körper habe im Vergleich zu den sonst in Betracht kommenden Raumgrössen eine so geringe Ausdehnung, dass es erlaubt sei, ihn als einen Punkt anzusehen.

2. Von diesem leuchtenden Punkte L aus pflanzt sich die Lichtenergie in M_1 geradlinig nach allen Richtungen so fort, als ob sie die Normalen der conzentrischen Kugelflächen, die um L als Mittelpunkt in M_1 ganz oder teilweise beschrieben werden können, mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchliefe. Eine solche von Lichtenergie durchströmte Gerade nennt man einen Lichtstrahl[2]).

Die zweifache Mannigfaltigkeit der von L ausgehenden Strahlen können wir auffassen als den rechtwinkligen Durchschnitt eines Büschels von Halbebenen, dessen Axe durch L geht und auf der Grenzebene senkrecht steht, und eines conaxialen Büschels von Rotationskegeln, deren Spitzen in L liegen. Diese geometrischen Strahlen fallen innerhalb des Mittels M_1 mit den einfallenden Lichtstrahlen zusammen; mit anderen Worten, sie sind innerhalb M_1 reelle und ausserhalb M_1 virtuelle einfallende Lichtstrahlen.

3. Der Büschel der Halbebenen schneidet die Grenzebene in einem Strahlenbüschel, dessen Mittelpunkt O die Projektion von L auf die Grenzebene ist. Der Büschel der Rotationskegel schneidet die Grenzfläche in einer Schar concentrischer Kreise, deren Mittelpunkt ebenfalls O ist. Der Strahlenbüschel und die Kreisschaar durchsetzen sich rechtwinklig in einer zweifachen Mannigfaltigkeit von Punkten, den Einfallspunkten der von L ausgehenden Lichtstrahlen.

B. Die gebrochenen Lichtstrahlen.

4. Wir wollen annehmen, dass die Lichtstrahlen, welche aus M_1 in M_2 eintreten, in ihren Einfallspunkten nach dem Snellschen Gesetz gebrochen werden. Lagen also die einfallenden Strahlen in einer Halbebene des Ebenenbüschels, so liegen auch die zugehörigen gebrochenen Strahlen in derselben Halbebene Bildeten die einfallenden Strahlen

[1]) Recherches sur les caustiques. Gergonnes Ann. XV 205. (1824/25.)
[2]) Volkmann, Vorlesungen über die Theorie des Lichtes. § 19. (1891.)

einen Rotationskegel mit dem Öffnungswinkel α, so haben die entsprechenden gebrochenen Strahlen einen conaxialen Rotationskegel zum Träger, dessen Öffnungswinkel β ist und dessen Spitze daher nicht mehr in L liegt. Zwischen den Grössen α, β, ν_1 und ν_2 besteht dabei die Beziehung:

$$\nu_1 \sin\alpha = \nu_2 \sin\beta.$$

Beide Kegel haben in der Grenzebene den Kreis gemein, dessen Mittelpunkt O und dessen Halbmesser $LO \,.\, tg\,\alpha$ ist.

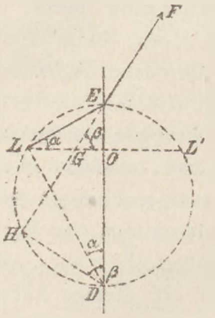


Fig. 1.

5. Um nun zu erkennen, wie durch die Brechung gleichsam die Gestalt der, von den einfallenden Lichtstrahlen gebildeten, conaxialen und concentrischen Kegel geändert wird, wählen wir auf dem einfallenden Kegel mit dem Öffnungswinkel α den Strahl aus, welcher die Grenzebene in dem beliebigen Punkte E (Fig. 1) trifft. Durch diesen Punkt, den leuchtenden Punkt L und den zu dem letzteren in bezug auf die Grenzebene symmetrischen Punkt L' legen wir einen Kreis. Dieser liegt zum Teil in der Halbebene des Ebenenbüschels, die dem ausgewählten einfallenden Strahle zugeordnet ist, und hat mit der Grenzebene den Durchmesser DE gemein. Der zu LE gehörende gebrochene Strahl EF, der auf dem Kegel mit den Öffnungswinkel β liegt, schneidet die Axe LO im Punkte G und den Kreis im Punkte H. Verbinden wir L und H mit D, so ist

$$LE : DE = \sin\alpha \text{ und } HE : DE = \sin\beta,$$

oder, da $\nu_1 \sin\alpha = \nu_2 \sin\beta$,

$$LE : HE = \nu_2 : \nu_1.$$

Es ist mithin $LE \gtrless HE$, je nachdem $\nu_2 \gtrless \nu_1$. Im ersteren Falle liegen E und H auf derselben Seite und im letzteren Falle auf verschiedenen Seiten von L. Je nachdem also $\nu_2 \gtrless \nu_1$ ist, haben die Spitzen G der Kegel, welche von den gebrochenen Strahlen gebildet werden, einen grösseren oder geringeren Abstand von der Grenzebene als der leuchtende Punkt L, und demnach diese Kegel eine spitzere oder stumpfere Gestalt als die Kegel, welche von den entsprechenden einfallenden Strahlen gebildet werden.

Ist $\nu_2 < \nu_1$, so giebt es einen einfallenden Strahlenkegel mit dem Öffnungswinkel γ, welchem ein Kegel gebrochener Strahlen entspricht, dessen Spitze in O liegt, der also mit der Grenzebene zusammenfällt. Nur die einfallenden Strahlen, welche innerhalb des Kegels mit dem Öffnungswinkel γ liegen, werden in der Grenzebene gebrochen, alle übrigen aber von ihr zurückgeworfen.

6. Die zweifache Mannigfaltigkeit der gebrochenen Strahlen kann aufgefasst werden als der rechtwinklige Durchschnitt eines Halbebenenbüschels, dessen Axe durch L geht und auf der Grenzebene senkrecht steht, und einer conaxialen Schar von Rotationskegeln, deren Spitzen, je nachdem $\nu_2 \gtrless \nu_1$ ist, eine grössere oder kleinere Entfernung von der Grenzebene haben als der leuchtende Punkt L. Diese gebrochenen geometrischen Strahlen fallen innerhalb des Mittels M_2 mit den gebrochenen Lichtstrahlen zusammen; sie sind also innerhalb M_2 reelle und ausserhalb M_2 virtuelle gebrochene Lichtstrahlen.

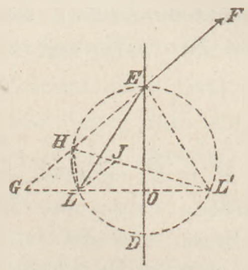


Fig. 2.

7. Wir wollen nun im engen Anschluss an Karl Sturm untersuchen, wie die Spitzen der Kegel, welche von den gebrochenen Strahlen gebildet werden, auf der Axe LO verteilt sind. Ihre Anordnung ist, je nachdem $\nu_2 \gtrless \nu_1$, verschieden. Da der Halbebenenbüschel und die Schar der Rotationskegel conaxial liegen, so genügt es, die Lage der Strahlen zu bestimmen, welche in einer und derselben Halbebene liegen.

1. Fall: $\nu_2 > \nu_1$. — Es sei wie oben LE (Fig. 2) der einfallende und EF der gebrochene Strahl, der den Kreis $LL'E$ in H schneide. Wir tragen auf HL' die Strecke $HI = HL$ ab und ziehen LI. Da der Winkel $LHL' = LEL'$, so sind die gleichschenkligen Dreiecke HLI und ELL' einander ähnlich; daher ist der Winkel $ILH = L'LE$ und folglich der

Winkel $L'LI = ELH$. Da aber auch der Winkel $HL'L = HEL$, so sind die Dreiecke $LL'I$ und LEH einander ähnlich und mithin

$$LL' : L'I = LE : EH,$$

oder, da $LE : HE = v_2 : v_1$,

$$LL' : L'I = v_2 : v_1.$$

Es hat demnach $L'I$ für alle Strahlen, welche von L ausgehen und in der Grenzebene gebrochen werden, ein und dieselbe Grösse. Da

$$L'I = L'H - IH = L'H - LH,$$

so hat der Unterschied der Abstände des Punktes H von den festen Punkten L und L', $L'H - LH$, für alle gebrochenen Strahlen, welche derselben Halbebene des Ebenenbüschels angehören, die gleiche Grösse. Es liegt also der Punkt H auf einer Hyperbel, deren Brennpunkte L und L' sind und deren grosse Axe gleich $L'I$ ist[3]).

Der gebrochene Strahl EF ist die Normale dieser Kurve im Punkte H; denn er bildet mit den beiden Brennstrahlen LH und $L'H$ die Winkel LHE und $L'HE$, die einander zu 180° ergänzen, weil sie über den gleichen Sehnen LE und $L'E$ des Kreises $LL'E$ stehen. Der Schnittpunkt G dieser Normalen mit der Geraden LO ist die Spitze des Rotationskegels, auf dem der gebrochene Strahl liegt.

Wenn $v_2 > v_1$, so sind alle gebrochenen Strahlen, die in derselben Halbebene des Ebenenbüschels liegen, Normalen eines halben Hyperbelastes, dessen Brennpunkt der leuchtende Punkt L, dessen Mittelpunkt die Projektion O des leuchtenden Punktes auf die Grenzebene und dessen numerische Exzentrizität v_2/v_1 ist. Die Schnittpunkte dieser Normalen mit der Geraden LO sind die Spitzen der Rotationskegel, auf denen die gebrochenen Strahlen liegen. Die Brennlinie, welche von den gebrochenen Strahlen derselben Halbebene eingehüllt wird, ist die Evolute jenes halben Hyperbelastes.

8. Die zweifache Mannigfaltigkeit der gebrochenen Strahlen kann also, wenn $v_2 > v_1$, angesehen werden als der Inbegriff der Normalen zu der Schale eines Rotationshyperboloids, welche durch Umdrehung jenes halben Hyperbelastes um LO entsteht, oder als der orthogonale Durchschnitt eines Halbebenenbüschels mit der Axe LO und einer conaxialen Schar von Rotationskegeln, die jene Hyperboloidschale rechtwinklig durchsetzen und eine Brennfläche einhüllen, welche durch Umdrehung der erwähnten Brennlinie um LO erzeugt wird.

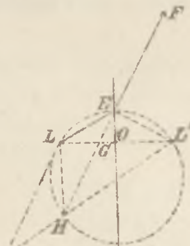


Fig. 3.

9. 2. **Fall**: $v_2 < v_1$. — Es sei wie vorher LE (Fig. 3) der einfallende und EF der gebrochene Strahl, der den Kreis $LL'E$ in H schneide. Wir verlängern $L'H$ um die Strecke $HI = LH$ und verbinden L mit I. Da der Winkel $L'HL$ den Winkel LEL' zu 180° ergänzt, so sind die gleichschenkligen Dreiecke ELL' und HLI einander ähnlich; daher ist der Winkel $ILH = L'LE$ und folglich der Winkel $ILL' = HLE$. Da aber auch der Winkel $LL'H = LEH$, so sind die Dreiecke LIL' und LHE einander ähnlich und mithin

$$LL' : IL' = LE : HE,$$

oder, da $LE : HE = v_2 : v_1$,

$$LL' : IL' = v_2 : v_1.$$

[3]) In der oben erwähnten Sitzung des Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts machte Herr M. Koppe darauf aufmerksam, dass man den Nachweis, dass H auf einer Hyperbel mit den Brennpunkten L und L' liege, einfacher und schneller auf folgende Weise führen könne:

In dem Kreisviereck $LL'EH$ ist nach dem Ptolemäischen Lehrsatze:

$$L'H . LE = HE . LL' + LH . L'E,$$

oder, da $L'E = LE$,

$$L'H - LH = \frac{HE}{LE} . LL'.$$

Da $HE : LE = v_1 : v_2$ ist, so hat der Unterschied $L'H - LH$ für alle gebrochenen Strahlen eine und dieselbe Grösse u. s. w.

Es hat demnach IL' für alle Strahlen, welche von L ausgehen und in der Grenzebene gebrochen werden, ein und dieselbe Grösse. Da

$$IL' = IH + HL' = LH + L'H,$$

so hat die Summe der Abstände des Punktes H von den festen Punkten L und L', $LH + L'H$, für alle gebrochenen Strahlen, welche derselben Halbebene des Ebenenbüschels angehören, die gleiche Grösse. Es liegt also der Punkt H auf einer Ellipse, deren Brennpunkte L und L' sind und deren grosse Axe gleich IL' ist[4]).

Der gebrochene Strahl EF ist die Normale dieser Kurve im Punkte H; denn er bildet mit den beiden Brennstrahlen LH und $L'H$ die Winkel EHL und $L'HE$, die einander gleich sind, weil sie über den gleichen Sehnen EL und $L'E$ des Kreises $LL'E$ stehen. Der Schnittpunkt G dieser Normalen mit der Geraden LO ist die Spitze des Rotationskegels, auf dem der gebrochene Strahl liegt.

Wenn $\nu_2 < \nu_1$, so sind alle gebrochenen Strahlen, die in derselben Halbebene des Ebenenbüschels liegen, Normalen eines Ellipsenquadranten, dessen Brennpunkt der leuchtende Punkt L, dessen Mittelpunkt die Projektion O des leuchtenden Punktes L auf die Grenzebene und dessen numerische Excentricität ν_2/ν_1 ist. Die Schnittpunkte dieser Normalen mit der Geraden LO sind die Spitzen der Rotationskegel, auf denen die gebrochenen Strahlen liegen. Die Brennlinie, welche von den gebrochenen Strahlen derselben Halbebene eingehüllt wird, ist die Evolute jenes Ellipsenquadranten.

10. Die zweifache Mannigfaltigkeit der gebrochenen Strahlen kann also, wenn $\nu_2 < \nu_1$ ist, angesehen werden als der Inbegriff der Normalen zu einem Rotations-Halbellipsoid, welches durch Umdrehung jenes Ellipsenquadranten um LO entsteht, oder als der orthogonale Durchschnitt eines Halbebenen-Büschels mit der Axe LO und einer conaxialen Schar von Rotationskegeln, die jenes Halbellipsoid rechtwinklig durchsetzen und eine Brennfläche einhüllen, welche durch Umdrehung der erwähnten Brennlinie um LO erzeugt wird.

C. Das sehr dünne Strahlenbündel.

11. Es seien e_1, e_2, e_3 und e_4 vier benachbarte einfallende Lichtstrahlen (Fig. 4). Es sollen e_1 und e_2 in einer und derselben Halbebene des Ebenen-Büschels und e_3 und e_4 in einer und derselben benachbarten Halbebene liegen; zugleich sollen e_1 und e_4 auf einem und demselben Rotationskegel des Kegelbüschels und e_2 und e_3 auf einem und demselben benachbarten Kegel sich befinden.

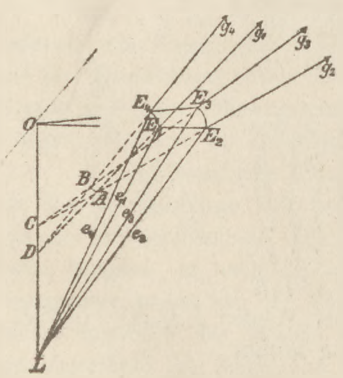


Fig. 4.

Den einfallenden Strahlen e_1, e_2, e_3 und e_4 entsprechen die gebrochenen Strahlen g_1, g_2, g_3 und g_4. Es liegen also e_1, e_2, g_1 und g_2 in einer und derselben Halbebene und ebenso e_3, e_4, g_3 und g_4 in einer und derselben benachbarten Halbebene; ferner befinden sich g_1 und g_4 auf einem und demselben Rotationskegel der Schar und g_2 und g_3 auf einem und demselben benachbarten Kegel. Die beiden benachbarten Kegel schneiden sich in einem Kreise, welcher der Grenzebene der beiden Mittel M_1 und M_2 parallel ist.

---

[4]) Nach dem Verfahren des Herrn M. Koppe gestaltet sich der Nachweis, dass H auf einer Ellipse mit den Brennpunkten L und L' liegt, folgendermaassen:

In dem Kreisviereck $LHL'E$ ist nach dem Ptolemäischen Lehrsatze:

$$LL' . HE = LH . L'E + L'H . LE,$$

oder, da $L'E = L'E$,

$$LH + L'H = \frac{HE}{LE} . LL'.$$

Da $HE : LE = \nu_1 : \nu_2$ ist, so besitzt die Summe $LH + L'H$ für alle gebrochene Strahlen eine und dieselbe Grösse u. s. w. Vgl. auch Salmon-Fiedler, Höhere ebene Kurven, 126 (1892.)

Da die gebrochenen Strahlen g_1 und g_2 in derselben Halbebene, aber auf benachbarten Kegeln liegen, so schneiden sie sich im Punkte A dieses Kreises; und ebenso g_3 und g_4 im Punkte B dieses Kreises. Da die Halbebenen, in welchen diese Strahlenpaare liegen, einander benachbart, so sind auch A und B benachbarte Punkte des Kreises; mithin ist der sehr kleine Bogen AB von der Sehne AB nicht merklich verschieden. Die Strecke AB ist sehr klein und läuft der Grenzebene parallel.

Da die gebrochenen Strahlen g_1 und g_4 in benachbarten Halbebenen, aber auf demselben Rotationskegel liegen, so schneiden sie sich im Punkte D der Axe LO; und ebenso g_2 und g_3 im Punkte C der Axe. Da die Kegel, auf welchen diese Strahlenpaare liegen, einander benachbart, so sind auch ihre Spitzen C und D benachbarte Punkte der Axe LO. Die Strecke CD ist also sehr klein und steht auf der Grenzebene senkrecht. Die sehr kleinen Strecken AB und CD kreuzen sich mithin rechtwinklig.

Den Strahl g_1 können wir mit dem benachbarten Strahle g_3 durch zwei sehr kleine Drehungen um die Axen AB und CD zur Deckung bringen. Drehen wir den Strahl g_1 ein wenig um die Axe AB, so fällt er mit g_2 zusammen; drehen wir ihn nunmehr ein wenig um die Axe CD, so fällt er mit g_3 zusammen. Durch zwei hinreichend kleine Drehungen um die Axen AB und CD können wir g_1 nicht nur mit g_3, sondern auch mit jedem benachbarten Strahle zur Deckung bringen; daher gehen alle zu g_1 benachbarten Strahlen durch die sehr kleinen —, einander rechtwinklig kreuzenden Strecke AB und CD[5]).

Durch die Brechung eines sehr dünnen homozentrischen Strahlenbündels in einer Ebene entsteht also ein Strahlenbündel, dessen sämtliche Strahlen durch zwei sehr kleine, sich rechtwinklig kreuzende Strecken hindurchgehen.

Die sehr kleine Strecke AB liegt in der Ebene, welche den durch g_1 gehenden Rotationskegel der Schar in g_1 berührt, die sehr kleine Strecke CD aber in der Halbebene des Ebenenbüschels, welche durch g_1 geht und zu jener Tangentialebene senkrecht steht.

Durch die Brechung eines sehr dünnen homocentrischen Strahlenbündels in einer Ebene entsteht also ein Strahlenbündel, dessen sämmtliche Strahlen durch zwei sehr kleine Strecken hindurchgehen, die in zwei auf einander senkrecht stehenden Ebenen liegen.

Das sehr dünne Bündel der gebrochenen geometrischen Strahlen fällt nur innerhalb des Mittels M_2 mit dem Bündel der gebrochenen Lichtstrahlen zusammen; es ist also im optischen Sinne nur innerhalb M_2 reel und ausserhalb M_2 virtuell. Mithin sind die Strecken AB und CD virtuelle Brennstrecken[6]).

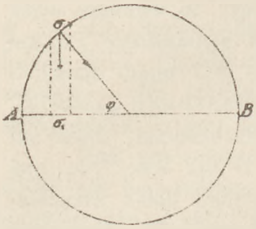
Physikalische Aufgaben.

1. Nahe über der Erdoberfläche schwebt längs des Äquators ein geschlossener, absolut starrer Ring Wie gross ist der in demselben herrschende, tangentiale Druck pro Flächeneinheit des Querschnittes? In welcher Richtung und mit welcher Beschleunigung fällt ein nahe über der Erdoberfläche längs eines Parallelkreises geführter, geschlossener, absolut starrer Ring? Wie gross ist der tangentiale Druck pro Flächeneinheit des Querschnittes in demselben? Wie verhält sich in diesen Fällen ein Ring aus compressibler Substanz?

[5]) Der Strahl g_1 steht senkrecht auf AB und schneidet CD unter einem Winkel, welcher gleich seinem Brechungswinkel ist.

[6]) In dieser Zeitschrift, II 65, hat Herr Szymański gezeigt, wie man die Gestalt eines Strahlenbündels, das von einem Punkte im Wasser ausgeht und in dem Wasserspiegel gebrochen wird, experimentell untersuchen kann.

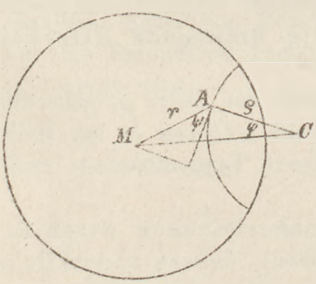
Auflösung: Zur Bestimmung des tangentialen Druckes im ersten Fall denke man sich den Ring an zwei, diametral gegenüberliegenden Stellen aufgeschlitzt und bestimme die Kraft, mit welcher die Ringhälften aufeinander drücken. Hierzu hat man die senkrecht zu AB gerichteten Componenten der Schwerkräfte zu summieren, welche auf die einzelnen Elemente σ in der Richtung des Kreisradius und im Betrage $\sigma\lambda$ wirken, wenn mit λ das Gewicht der Längeneinheit des Ringes bezeichnet wird, oder die Summe $\Sigma\,\sigma\lambda\sin\varphi$ über den Halbkreis AB zu erstrecken; da $\sigma.\sin\varphi = \sigma_1$ ist, so findet man für obige Summe $2\,r\,\lambda$. Diese Kraft verteilt sich auf die beiden Punkte A und B im Betrage von je $r\,\lambda$. Der tangentiale Druck pro Flächeneinheit des Querschnittes ist somit $r\,\frac{\lambda}{2} = r\,.\,s$, wenn s das spezifische Gewicht der Ringsubstanz ist.



Im zweiten allgemeineren Fall beträgt der tangentiale Druck $r\,s\,.\cos\varphi$, wo φ die geographische Breite des Parallelkreises ist. Die Beschleunigung, mit welcher der Ring in der Richtung parallel zur Erdaxe zu Boden fällt, ist $g\,.\sin\varphi$.

2. Wie verläuft die Bewegung eines schweren Massenpunktes innerhalb des als gleichmässig dicht vorausgesetzten Erdkörpers in einem kreisförmigen Kanal, dessen Ebene durch den Erdmittelpunkt geht?

Auflösung: Die totale Beschleunigung innerhalb der Erdmasse ist der Entfernung r vom Mittelpunkt proportional, also $\frac{g}{R}\,r$, wenn g die Fallbeschleunigung auf der Erdoberfläche, R den Erdradius bezeichnet. Ihre Tangentialkomponente im Punkte A ist $\frac{g}{R}\,r\cos\psi = \frac{g}{R}\,b\sin\varphi$, wo b die Entfernung der beiden Mittelpunkte M und C ist. Die Differentialgleichung der Bewegung in dem Kanal vom Radius ρ ist demnach $-\rho\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{b}{R}\,g\sin\varphi$, die Bewegung somit genau die eines Kreispendels von der Länge $R\frac{\rho}{b}$. Kreise, für welche das Verhältnis $\frac{\rho}{b}$ constant ist, zeichnen sich durch isochrone Bewegung aus; es sind dies einmal solche, deren Einhüllende zwei durch den Erdmittelpunkt gehende Gerade sind, dann aber auch alle Geraden, da für diese $\rho = b = \infty$ und $\frac{\rho}{b} = 1$ wird. Bei letzteren ist die Bewegung eine reine Sinus-Schwingung von der Schwingungsdauer $t = \pi\sqrt{\frac{R}{g}}$, wofür angenähert $\sqrt{R}$ (R in m ausgedrückt) gesetzt werden kann. Man kann also einen dem Galileischen Kreissehnen-Satz analogen aussprechen: Innerhalb der Erde gezogene Sehnen werden in gleichen Zeiten durchfallen. *J. Wanka, Prag.*



3. Eine Last Q liegt auf einer stehenden Federwage. Wenn man mittelst des Hakens einer hängenden Federwage die Last in die Höhe hebt, so geht allmählich der Zeiger der ersten Wage zurück und derjenige der zweiten zeigt ein um so grösseres Gewicht an, je mehr man die letztere anhebt, bis in dem Augenblicke, in welchem die stehende Wage das Gewicht „Null" anzeigt, die hängende Wage mit dem Gewichte Q voll belastet ist.

Fragen: *1)* Wann zeigt jede von den Wagen die Belastung $Q/2$ an? *2)* Wann die erste $\frac{1}{n}\,Q$, die zweite $\frac{n-1}{n}\,Q$? *3)* Wann umgekehrt?

Auflösungen: *1)* Die Spiralfedern beider Wagen seien von gleicher Beschaffenheit, jede der Wagen sei unbelastet a cm lang, eine Belastung mit dem Gewichte „Eins" möge die hängende Wage um b cm verlängern, und dieselbe Belastung möge die stehende Wage um b cm verkürzen. Liegt dann die Last Q auf der stehenden

Wage, so wird die Feder derselben um $Q.b$ cm verkürzt, hat also nur noch die Länge $(a - Qb)$. Ist der Haken der hängenden Wage nur lose an der Last befestigt, so ist der Abstand zwischen dem Fusse der stehenden und dem Aufhängepunkte der hängenden Wage (ohne Rücksicht auf die Länge des Hakens und die Grösse der Schale und des Fusses) $(2a - Qb)$. Wird die Last an der hängenden Wage bis zu einer solchen Höhe gehoben, dass die Last nicht mehr auf die untere Wage drückt, so hat die obere Feder die Länge $(a + Qb)$, die untere die Länge a, also ist die Höhe der ganzen Vorrichtung $(2a + Qb)$. Beträgt die Länge der Vorrichtung $2a$, so ist die Verlängerung der oberen Feder gleich der Verkürzung der unteren Feder, es ist also dann die Belastung jeder Wage gleich $Q/2$. 2) Eine Verteilung in dem Verhältnisse $\frac{1}{n} : \frac{n-1}{n}$ tritt dann ein, wenn die Verlängerung der oberen Feder zur Verkürzung der unteren in demselben Verhältnis $\frac{1}{n} : \frac{n-1}{n}$ stehen. Das ist der Fall, wenn der Aufhängepunkt von dem Fusse den Abstand

$$2a + Q.b.\frac{1}{n} - Q.b.\frac{n-1}{n} = 2a + \left(\frac{2}{n} - 1\right).Qb \text{ hat.}$$

3) Bei einer Höhe von $2a + (1 - 2/n)Qb$. *E. Grimsehl, Cuxhaven.*

Denkaufgaben.

4. Wenn man an dem Faden einer auf dem horizontalen Fussboden liegenden Garnrolle zieht, so rollt oft die Garnrolle weiter fort, anstatt dass sie, wie beabsichtigt, näher kommt. Erklärung?

Erklärung: In Fig. 1 erzeugt der an dem Faden F wirkende Zug um den Unterstützungspunkt A ein Drehungsmoment, welches ein Fortrollen bewirkt. In Fig. 2 ist das Drehungsmoment derart, dass die Garnrolle sich der Zugkraft rollend nähert, dabei den Faden aufwickelt. Geht die Verlängerung des Fadens durch den Unterstützungspunkt, so bewegt sich die Rolle dem Ziehenden gleitend zu.

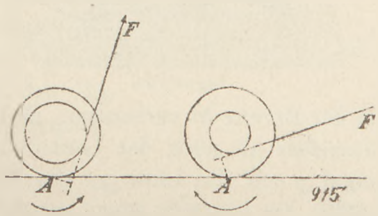


Fig. 1. Fig. 2.

5. Es wird von den Schiffern behauptet, dass bei nebligem Wetter das Licht der Petroleumlampen auf Leuchttürmen auf grössere Entfernung zu sehen ist, als das der ungleich stärkeren elektrischen Bogenlampen. Wie ist das zu erklären?

Andeutung: Das Licht der Petroleumlampen ist reicher an roten, also langwelligen Strahlen, als das elektrische. *E. Grimsehl.*

6. Wenn man, während ein starker Windzug weht, längs den Telegraphenstangen geht, hört man die Töne, so oft man sich von einer Stange entfernt, rasch in die Höhe steigen. Was sind die Ursachen dieser Erscheinung?

7. Manche Wolkenformen sollen nach gewissen Erscheinungen aus Eiskryställchen bestehen; was aber hält sie in diesen lichten Höhen in der Schwebe? (Bei anderen Wolken denkt man an Bläschen oder an die Tropfen einschliessenden Wasserdampf).

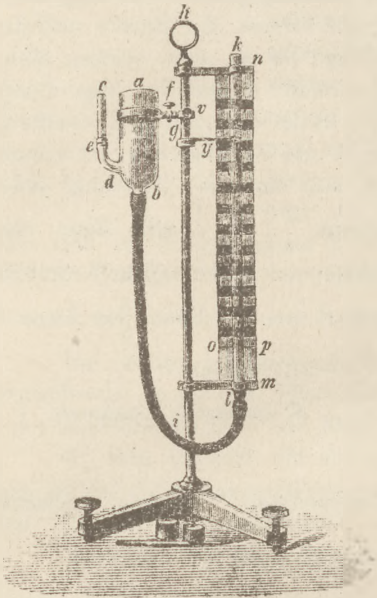
W. Weiler, Esslingen.

Kleine Mitteilungen.

Schulapparat zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes fester Körper.

Von **C. Mühlenbein**, Schuldirektor in Cöthen.

Zur Ermittelung des spezifischen Gewichtes fester Körper sind zahlreiche Apparate construiert worden, aber alle leiden mehr oder weniger an dem Übelstande, dass ihre Behandlung mit einer gewissen Umständlichkeit verbunden ist, welche besonders beim Schulunterrichte recht störend ist. Der hier beschriebene Apparat soll diesen Übelstand nach Möglichkeit vermeiden, zugleich aber auch den Vorteil gewähren, dass er zum Schulunterrichte die nötige Übersichtlichkeit besitzt, so dass die Messungen daran von weitem beobachtet werden können. Die wesentlichsten Teile desselben sind das Glasgefäss ab, das damit communicierende engere Beobachtungsrohr *cd* mit der darauf verschiebbaren Marke *e*, die in 25 ccm und deren Unterabteilungen graduierte Bürette *kl* mit der breiten, weithin sichtbaren Skala *nm*, deren Teilung durch abwechselnd rote und weisse Streifen mit der Teilung der Bürette in ganze ccm übereinstimmt und damit die letztere Teilung weithin erkennen lässt. An dem oberen Teile des Glasgefässes *ab* ist ein Messingring befestigt, dessen Zapfen mittelst der Schraube *f* in dem auf der Messingsäule *hi* verschiebbaren Rohrstücke *g* festgelegt werden kann; ausserdem ist dicht unter der Schraube *f* noch ein kleines Schräubchen angebracht, welches den Zweck hat, dass, wenn der Zapfen mit *g* verbunden und die Schraube *f* gelockert ist, man das Gefäss *ab*, ohne dass es abfällt, leicht um den Zapfen als Axe hin- und her drehen kann, so dass man beim ersten Einstellen des Apparates auf die Nulllage leicht etwas von dem eingegossenen Inhalt, wenn es zu viel geworden ist, aus dem schiefgelegten Glasgefässe *ab* abgiessen kann. Mit dem Rohrstück *g* ist der Zeiger *y* fest verbunden, welcher bis über die Skala und die Bürette reicht. Das Glasgefäss *ab* ist durch einen dickwandigen Gummischlauch mit der Bürette *kl* verbunden. Bei der Einstellung des Apparates zum Gebrauche wird das Glasgefäss *ab* nach der Lockerung der Schraube *v* so weit herunter gelassen, bis der Zeiger *y* auf die Linie *op* des Nullpunktes der Skala zeigt, dann mit gefärbtem Wasser gefüllt, bis letzteres genau an die Nulllinie *op* heranreicht. Nachdem nun die Marke *e*, die aus zwei fest mit einander verbundenen federnden Ringen besteht, auf dem Beobachtungsrohr *cd* so eingestellt ist, dass der in dem engen Rohre entstehende Meniskus gerade in die Mitte dieses Doppelringes fällt, bringt man den Untersuchungskörper in das Gefäss *ab*, wodurch das Niveau in den drei Gefässen *ab*, *cd* und *kl* steigen wird. Um nun das spezifische Gewicht des eingesenkten Körpers zu finden, hat man nur nötig, das Gefäss *ab* zu heben bis zu der Stelle, wo der Meniskus in *cd* wieder dieselbe Lage zwischen den Ringen der Marke *e* einnimmt wie bei Beginn des Versuches, alsdann giebt der Zeiger *y* die Wassermenge in ccm und damit auch in Grammen an, welche durch den Untersuchungskörper verdrängt worden ist; man hat also nur noch das absolute Gewicht des Untersuchungskörpers mit dem Gewicht der verdrängten Wassermenge zu dividieren, um das spezifische Gewicht des erstern zu finden. Dem Apparate werden drei Versuchskörper in Cylinderform mit angelöteten dünnen Drähten, an denen man dieselben bequem in das Gefäss *ab* einsenken und daraus wieder entfernen kann, beigegeben, der eine aus Blei, der andere aus Eisen, der dritte aus Messing, jeder mit dem absoluten Gewichte von 150 g. Wenn nun der Apparat einmal auf die Nulllage eingestellt ist, so ist es leicht und bequem, das spezifische Gewicht dieser drei Körper schnell hinter einander zu finden. So stellt sich der Zeiger *y* beim Blei auf 13, beim Eisen auf 20, beim Messing auf 18. Man hat also nur 150 zu dividieren mit 13, mit 20 und mit 18, so findet man das spezifische Gewicht für Blei 11,33, für Eisen 7,50, für Messing 8,30. Will man genauere Messungen anstellen, dann empfiehlt es sich, eine convexe Linse von etwa 10 cm Brennweite zu benutzen, indem man dieselbe entweder frei mit der Hand vor den zu beobachtenden Meniskus hält, oder besser, indem man dieselbe an einem Stativ befestigt, wo sie leicht in die richtige Stellung dem Meniskus gegenüber gebracht werden kann. Da es hierbei leicht vorkommt, dass der Meniskus eine unregelmässige Form annimmt, so genügt ein leichter Druck auf den Gummischlauch, um diese Unregelmässigkeit zu beseitigen.



1/10 nat. Gr.

Der Apparat wird in eleganter und geschmackvoller Ausführung von dem Präcisionsmechaniker Herrn Max Kohl in Chemnitz zu dem Preise von 36 M. geliefert.

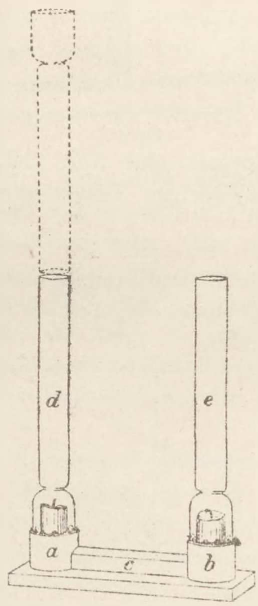
Einige Versuche über Luftströmungen infolge ungleicher Erwärmung.

Von Dr. **F. Niemöller** in Osnabrück.

Wie der Herausgeber dieser Zeitschrift (*V 76*) ausgeführt hat, sollte sich der propädeutische Unterricht in der Wärmelehre im wesentlichen auf eine sorgfältige Behandlung der Ausdehnung fester, flüssiger und luftförmiger Körper beschränken. Wegen der engen Beziehung zur Mechanik empfiehlt der Herr Verfasser im Anschluss hieran die Betrachtung der Strömungen in Flüssigkeiten und Gasen infolge ungleicher Erwärmung, welche „die Möglichkeit eines Ausblicks auf atmosphärische Verhältnisse bieten."

Da die Zahl der Experimente, die auf diesem Gebiet angestellt zu werden pflegen, bis jetzt eine sehr beschränkte ist, so dürfte die Mitteilung der folgenden mit kleinen Mitteln auszuführenden Versuche vielleicht willkommen sein.

Der Apparat (s. Figur) besteht im wesentlichen aus zwei auf einem Fussbrettchen befestigten communizierenden Röhren *a* und *b*, in welche nahezu luftdicht schliessend gleich weite und gleich hohe Lampencylinder *d* und *e* gesteckt werden können; die in den Röhren befindlichen etwa $2^1/_2$ cm dicken Kerzen können durch (in der Figur nicht sichtbare) einfache Vorrichtungen soweit gehoben resp. gesenkt werden, dass die oberen Kerzenenden etwa 1 cm von den Einschnürungen der Cylinder entfernt bleiben. Das Verbindungsrohr *c* hat 10 cm Länge und 2 cm innere Weite.



1. Versuch. Zündet man nur eine Kerze an, z. B. *a*, so verdrängt die schwere Luft in *e* die leichtere in *d*, die eintretende lebhafte Luftströmung lässt sich nachweisen, wenn man über *e* Rauch (Tabaksrauch oder Salmiaknebel) erzeugt, welcher in *e* rasch nach unten geführt wird.

2. Versuch. Ist der Cylinder *d* durch die Flamme heiss geworden, so vertausche man beide Cylinder und blase die Flamme *a*, die jetzt in dem kalten Cylinder brennt, von oben her rasch aus. Man bemerkt, dass der vom Docht entwickelte Rauch nicht wie gewöhnlich nach oben steigt, sondern durch das Verbindungsrohr nach dem heissen Cylinder strömt.

3. Versuch. Um nachzuweisen, dass nicht der vom Munde ausgehende Luftstrom den Rauch nach dem heissen Cylinder treibt, zeige man, dass, wenn man von zwei communizierenden Glasröhren die eine erhitzt, ein Luftstrom von der kalten nach der warmen Röhre geht.

4. Versuch. Zündet man beide Kerzen an und setzt gleichzeitig rasch über die eine Flamme einen kalten, über die andere einen heissen Cylinder, so erlischt die Flamme im kalten Cylinder. (Die herabfallende schwere Luft löscht die Flamme aus).

5. Versuch. Statt wie im letzten Versuch die Cylinder gleichzeitig aufzusetzen, kann man auch zuerst über die eine Flamme einen Cylinder setzen und dann, wenn dieser heiss geworden ist, den kalten Cylinder über die andere Flamme schieben. Wenn man schnell verfährt, erlischt regelmässig die Flamme in dem kalten Cylinder.

6. Versuch. Dass ein hoher Schornstein besser zieht als ein gleich weiter niedriger, zeigt man in der in der Figur dargestellten Weise dadurch, dass man zu gleicher Zeit über die eine Flamme einen einfachen, über die andere einen doppelt so hohen Cylinder (hergestellt durch Aufeinandersetzen von zwei einfachen Cylindern) setzt. Die Flamme im einfachen Cylinder wird ausgeblasen.

Zur Demonstration der Gesetze über das materielle Pendel.

Von Dr. **Ruoss** in Cannstatt.

Hat man ein materielles Pendel, welches um eine Axe schwingt, so existiert noch eine zweite parallele Axe [1]), um welche es ebenso viel Schwingungen in 1 Minute ausführt als um die erste. Diese Axe geht durch den Schwingungspunkt des Pendels, und Schwerpunkt und Umdrehungspunkt sind, was die Schwingungszeit anlangt, vertauschbar.

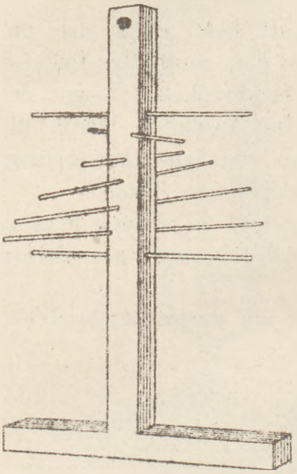


Fig. 1.

Dieser Satz von Huygens, auf den sich die von Kater [2]) und Bohnenberger [2]) zuerst angewandten Reversionspendel gründen, wird häufig mit einem Stab oder Brett demonstriert. Er ist indessen nur ein spezieller Fall der Gesetze, welche Herr Dr. O. Böklen [3]) aufgestellt hat, und welche von mir [4]) vervollständigt wurden.

Diese Gesetze lassen sich an einem Apparat (Fig. 1) demonstrieren, welcher sich besonders für Schulen eignen dürfte und von Mechaniker P. Spindler in Stuttgart um 5 M. bezogen werden kann. Im folgenden will ich versuchen, diese Gesetze so weit als möglich elementar zu entwickeln.

Zieht man durch den Schwerpunkt S eines beliebigen Körpers eine Axe und dreht den Körper um dieselbe, so erhält man den dieser Axe zugehörigen Trägheitsradius k aus:

$$k^2 = \frac{T}{M},$$

wo T das Trägheitsmoment um diese Axe, M die Masse des Körpers ist. Trägt man k als Strecke von S aus auf beiden Seiten der Axe ab (Fig. 2), und denkt sich dies für alle beliebigen Axen durch S ausgeführt, so bestimmen die Endpunkte dieser Strecken die Fläche der Trägheitsradien, welche S zum Mittelpunkt hat. Lässt man nun einen Körper um eine beliebige Axe p schwingen, so ist die Länge l desjenigen mathematischen Pendels, das dieselbe Schwingungszahl besitzt:

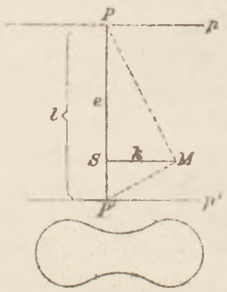


Fig. 2.

$$l = \frac{k^2 + e^2}{e},$$

wo k der Trägheitsradius derjenigen Schwerpunktsaxe ist, welche parallel p läuft, und wo e gleich dem Lot von S auf p ist.

Diese letzte hinlänglich bekannte Beziehung bildet den Ausgangspunkt zu diesen Untersuchungen. Zunächst lässt sich aus ihr, in einfacherer Weise als sonst üblich, die Vertauschbarkeit des Schwingungs- und Aufhängepunktes zeigen. Fällt man nämlich von S das Lot SP auf p und zieht durch S eine Strecke $SM = k$ parallel p, errichtet in M das Lot zu PM, so scheidet dieses PS im Punkt P' und es ist:

$$PP' = \frac{k^2 + e^2}{e}$$

die Länge des isochronen mathematischen Pendels. Auf diese Weise kann man also, so oft p, S und k gegeben sind, auf constructive Weise die Länge l des isochronen mathematischen Pendels finden. Zieht man durch P' die Axe p' parallel p und denkt

---

[1]) Von den andern Axen, welche mit diesen auf 2 concentrischen um den Schwerpunkt betriebenen Cylindern liegen, ist hier abgesehen.

[2]) Henry Kater „Experiments for determining the length of the pendulum. 1818." Bohnenberger „Astronomie. Tübingen 1811."

[3]) Crelles Journal Bd 93 1882. und Schlömilchs Zeitschrift Bd 26. 1883.

[4]) Math.-natur. Mitteilungen, herausg. von Dr. Böklen. Metzler, Stuttgart 1892.

sich P', p' und S gegeben, so führt die obige Construktion auf dieselbe Länge des isochronen mathematischen Pendels: P und P' sind also vertauschbar. Nimmt man jetzt irgend einen Körper, z. B. 2 Lineale, die aufeinander geleimt sind, so dass das Ganze T-Form erhält, so kann man nach allen Schwingungsaxen fragen, welche senkrecht zu einem beliebigen Schwerpunktsstrahl s, etwa zu dem des Mittelstücks, stehen und um welche Schwingungen von 1 Sek. ausgeführt werden.

Um diese Aufgabe zu lösen, fragen wir nach denjenigen Axen, durch einen beliebigen Punkt P, welche senkrecht zu PS stehen, und Schwingungen von 1 Sek. ergeben

Legt man für diesen Fall durch S eine Ebene senkrecht PS, so wird dadurch die Fläche der Trägheitsradien in einer Kurve C geschnitten[5]), welche S zum Mittelpunkt hat. Trägt man jetzt auf PS die Länge $PP' = 993{,}5$ cm des isochronen mathematischen Sekundenpendels ab und beschreibt über PP' als Durchmesser die Kugel, so schneidet diese die Kurve C im allgemeinen in 4 Punkten M, nach denen sich 2 Vektoren SM ziehen lassen. Zieht man durch P die 2 Parallelen mit diesen Vektoren, so sind dies die gesuchten Drehaxen durch P. Da die Kugel die Kurve C in 4 oder 2 oder keinen Punkt schneiden kann, so kann es durch P 2, 1 oder keine Schwingungsaxe geben, welche Schwingungen von 1 Sek. liefert.

Führt man jetzt für alle Punkte des Schwerpunktsstrahles s diese Construktion durch, so erhält man alle Drehaxen, welche Sekundenschwingungen ergeben. Sie bilden eine Regelfläche, welche aus 2 Mänteln besteht, von denen jeder die Form einer Schiffsschraube hat. Für den obigen Fall der 2 Lineale giebt der Apparat ein äusserst anschauliches Bild dieser Regelfläche.

Die Axen des Apparats können herausgenommen werden. Setzt man dann an Stelle der Axen der Reihe nach eine etwas dünnere Axe und lässt den Körper in einem Bügel um dieselbe schwingen, so erhält man immer Sekundenschwingungen. Hat man kein Chronometer oder Metronom um dies zu bestätigen, so kann dies mit einem beigegebenen isochronen mathematischen Pendel (aus Bleikugel und Faden) gezeigt werden. Bringt man den Körper und jenes Pendel in seitliche Lage und lässt beide zu gleicher Zeit los, so gehen sie immer gleichzeitig von rechts nach links und von links nach rechts. Die Übereinstimmung wird sofort gestört, wenn man ausser der Drehaxe, an die der Körper schwingt, noch andere in den Axenlöchern stecken lässt.

Die angeführten Erklärungen dürften auch für den gewöhnlichen Schulunterricht an Oberklassen genügen, um den Apparat zu verstehen. Von Wichtigkeit ist noch der Fall, wo die Kurve C ein Kreis ist. Dann kann es durch einen beliebigen Punkt P nicht bloss 2 sondern unendlich viele Drehaxen ($\perp PS$) geben, welche Sekundenschwingungen liefern, denn die Kugel und C können sich dann in unendlich vielen Punkten schneiden. Bezeichnet man Schwerpunktsstrahlen, auf welchen solche Punkte sich befinden, als ausserordentliche, so findet sich, dass für alle Körper des regulären Systems alle Schwerpunktsstrahlen ausserordentlich sind, dass für das quadratische und hexagonale System 1 ausserordentlicher, für die andern Systeme dagegen 2 ausserordentliche Strahlen existieren. So ist es bekanntlich für eine an einem Faden aufgehängte Kugel gleichgültig, in welcher Richtung die Kugel schwingt, da der Faden ein ausserordentlicher Schwerpunktsstrahl ist; das gilt aber auch z. B. für einen Würfel.

Was die Zahl der Pendelschwingungen in 1 Minute eines ganz beliebigen Körpers anlangt, so ist dieselbe eine beschränkte, und zwar ist die Maximalzahl:

$$\frac{60}{2a}\sqrt{\frac{g}{2k}},$$

wo k die kleinste Trägheitsaxe des Körpers und $g = 981$ cm. Für den Apparat ist dieses Maximum 96,4 Schwingungen. Dieselben werden erhalten durch Schwingungen um Axen, welche parallel zu s im Abstand 4,80 cm gezogen werden.

[5]) Dieselbe ist Fusspunktskurve einer Ellipse und hat die Form einer Hantel. (vgl. Fig.)

Die Linsenformel.

Von **K. Fuchs** in Pancsova.

Wir wollen die Formel der biconvexen Linse

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

abbleiten.

1. Wir wollen zuerst die Ablenkung berechnen, welche ein Prisma verursacht, wenn sowohl der brechende Winkel φ des Prismas als auch der Einfallswinkel klein sind. Aus der Kante des Prismas (Fig. 1) fällen wir ein Lot auf den durchgehenden Strahl, welches Lot den Winkel φ in die Teile φ_1 und φ_2 teilt. Dann haben wir

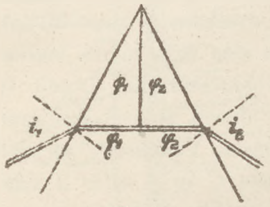


Fig. 1.

$$\sin i_1 = n \sin \varphi_1$$
$$\sin i_2 = n \sin \varphi_2.$$

Wenn wir die sinus durch die Winkel ersetzen, wird hieraus

$$\begin{aligned} i_1 &= n\varphi_1 \\ i_2 &= n\varphi_2 \end{aligned} \quad \text{und } i_1 + i_2 = n(\varphi_1 + \varphi_2) = n\varphi.$$

Nun ist die Ablenkung $\varepsilon = i_1 + i_2 - \varphi$. Man erkennt dies am leichtesten, wenn man i_1 und i_2 beibehält und das Prisma zusammenklappt. Dann ist $\varphi = 0$ und ε offenbar gleich $i_1 + i_2$. Wenn man dann das Prisma wieder aus einander klappt, dann wird ε um φ kleiner, d. h.

$$\varepsilon = i_1 + i_2 - \varphi = n\varphi - \varphi = \varphi(n-1).$$

Die Ablenkung ist also vom Einfallswinkel unabhängig und für das Prisma eine constante Zahl. Die Ablenkung ist dem Brechungswinkel φ proportional.

2. Nun wollen wir den brechenden Winkel φ einer Linse in verschiedenen Abständen h von der Axe bestimmen. Es gilt (Fig 2)

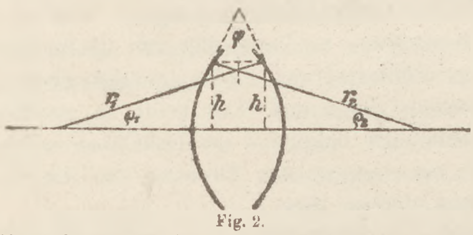


Fig. 2.

$$r_1 \sin \rho_1 = h,$$
$$r_2 \sin \rho_2 = h.$$

Ersetzen wir den sinus durch den Bogen, so wird

$$\rho_1 = \frac{h}{r_1}, \quad \rho_2 = \frac{h}{r_2}.$$

Nun ist offenbar $\rho_1 + \rho_2 = \varphi$, also

$$\varphi = h\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right).$$

Der brechende Winkel φ der Linse ist also dem Axenabstand h proportional.

Wenn wir diesen Wert in die Gleichung für ε einsetzen, finden wir

$$\varepsilon = \varphi(n-1) = h\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)(n-1).$$

Die Ablenkung, die ein auf die Linse fallender Strahl erleidet, ist also dem Axenabstand des Einfallspunktes proportional, aber vom Einfallswinkel unabhängig.

3. Nun suchen wir den Zusammenhang von Gegenstandsweite a und Bildweite b. Wir haben (Fig. 3):

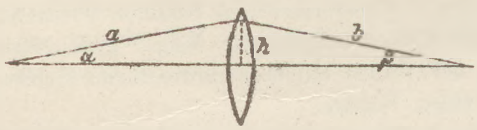


Fig. 3.

$$\begin{aligned} a \sin \alpha &= h \\ b \sin \beta &= h \end{aligned} \quad \text{oder} \quad \begin{aligned} \alpha &= \frac{h}{a} \\ \beta &= \frac{h}{b}. \end{aligned}$$

Nun ist aber offenbar $\alpha + \beta = \varepsilon$ gleich der Ablenkung, die der Strahl erleidet, also

$$\varepsilon = h\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right).$$

Wenn wir für ε seinen früheren Wert einsetzen, dann ergibt sich unmittelbar

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)(n-1).$$

Die Lage des Bildpunktes ist also unabhängig von der Axenentfernung der Einfallspunkte der Strahlen, d. h. alle auf die Linse fallenden Strahlen, die aus einem Punkt kommen, werden wieder in einen Punkt vereint.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Die Lichtbrechungsrinne. Ein Apparat für den Volksschulunterricht. Von ROBERT NEUMANN in Znaim. (*Deutscher Lehrerfreund, V. Jahrg. 1893, No. 1.*) Die Einrichtung besteht, wie die nebenstehende Abbildung (Fig. 1) zeigt, aus einer dem Brechungswinkel zwischen Luft und Wasser entsprechend geknickten Blechrinne. Der kürzere Schenkel ist durch zwei Glasplatten, von denen eine (*a*) senkrecht, die andere (*b*) schräg zur Richtung der Rinne eingesetzt ist (Fig. 2), in einen Wasserbehälter umgestaltet. Ist die Röhre leer, so kann man nicht durch sie hindurchsehen; füllt man aber den Behälter mit Wasser, so scheint, zum Staunen des unkundigen Beobachters, die Rinne vollkommen gerade zu sein, da man jeden Punkt der anderen Öffnung sieht. Jeder Gegenstand, der vor eine der beiden Öffnungen gebracht wird, ist von der anderen aus vollkommen sichtbar. Auf dem abhebbaren Deckel ist der Gang der Lichtstrahlen sowie der Durchschnitt der Röhre schematisch in Farben dargestellt. Die ganze Rinne ist auf dem Stativ um eine vertikale Axe drehbar, so dass nach und nach alle Schüler von ihren Plätzen aus die Erscheinung beobachten können.

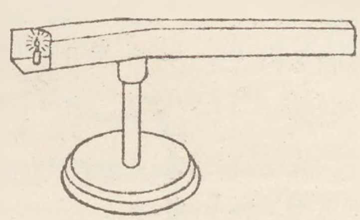


Fig. 1.

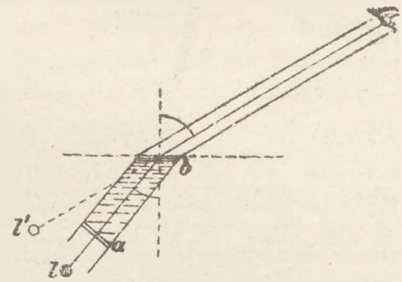


Fig. 2.

Der Apparat ist von dem Verfasser zunächst für den Gebrauch im Volksschul-Unterricht bestimmt, er wird sich aber auch im Unterkursus höherer Schulen mit Erfolg benutzen lassen. Er verdeutlicht den Schülern auf eine einfache und zugleich vollkommen anschauliche Weise den Begriff der Lichtbrechung, der sonst, wo keine Verdunklungsvorrichtungen oder kostspieligen Apparate vorhanden sind, meist indirekt entwickelt zu werden pflegt. Der Lehrgang, den der Verfasser seiner Beschreibung hinzufügt, lässt die Vorzüge seines Verfahrens noch deutlicher hervortreten. Er erinnert zuerst an Beobachtungen bei im Wasser stehenden Balken, einem in Wasser getauchten Bleistift, an die Hebung des Bodens in einem Brunnenbecken oder einem Bache. Es wird die Vermutung einer Sinnestäuschung ausgesprochen. Er führt dann den Versuch mit dem beschriebenen Apparat vor, der mit Wasser gefüllt ist. Er giesst das Wasser aus und zeigt, dass nun das Licht am einen Ende der Röhre vom andern aus nicht mehr sichtbar ist. Er füllt die Wanne von neuem; sofort kann man wieder durch die Röhre hindurchsehen. Da nun die Röhre nicht gerade, sondern geknickt ist, so muss das Licht, entsprechend der Röhre, seine Richtung geändert haben, und zwar eben dort, wo die Röhre ihre Richtung ändert. Die Lichtstrahlen verlassen also an der Trennungsfläche (*b*) von Wasser und Licht ihre Richtung, sie werden gebrochen. Die zweite Glasplatte *a* ist senkrecht zur Röhre eingesetzt, hier erfährt das Licht keine Richtungsänderung. So gelangt man zu dem Satz: Fällt das Licht unter einem schiefen Winkel auf die Trennungsfläche zweier durchsichtiger Körper, so wird es gebrochen; dagegen geht senkrecht auffallendes Licht ungebrochen in einen zweiten Körper über. An der beigefügten Zeichnung erkennt man, dass der aus dem Wasser austretende Lichtstrahl „vom Lot“ gebrochen wird, der aus Luft in Wasser eintretende dagegen „zum Lot“ gebrochen. Es folgen dann Anwendungen auf ein glänzendes Steinchen am Boden eines Baches, den gebrochenen Stab, die gehobene Münze, die astronomische Strahlenbrechung.

Mit derartigen Darlegungen wird sicherlich der Unterricht mehr gefördert als mit dem Verfassen von Lehrbüchern, in denen immer von neuem alte unzureichende Darstellungsmittel wiederholt werden. Der Apparat kann von dem Verfasser oder von der Handlung von Josef Wiatschka in Mähr. Schönberg für 3 fl bezogen werden. *P.*

Ein optischer Versuch. Von A. Berget. In eine ebene Scheibe, die um eine senkrecht durch ihren Mittelpunkt gehende Axe drehbar ist, wird eine Anzahl von cylindrischen Stäben (z. B. eisernen Nägeln) parallel zur Drehungsaxe so gesteckt, dass sie die Kanten eines regelmässigen Prismas bilden (Fig. 1). Macht man den Versuch zunächst mit drei solchen Stäben, die in den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks eingesetzt sind, so sieht man bei rascher Rotation der Scheibe eine zusammenhängende Cylinderfläche, deren Entstehung aus der Fortdauer der Lichteindrücke im Auge zu

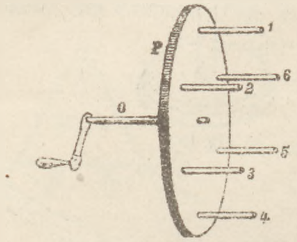


Fig. 1.

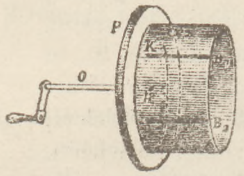


Fig. 2

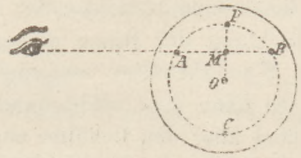


Fig. 3.

erklären ist. Man sieht aber ausserdem noch im Innern des Cylinders zwei dunkle Stäbe auftreten (Fig. 2), die unbeweglich bleiben, wenn das Auge still steht, und die in der Mitte des Radius zu stehen scheinen. Die Erscheinung ist unabhängig von der Geschwindigkeit, ist also nicht von stroboskopischer Natur.

Die Erklärung ist folgende. Jeder der Stäbe zeigt infolge der Reflexion des Lichtes eine glänzende Linie, die bei jeder Stellung des Stabes eine gewisse Menge Licht ins Auge sendet, ausser in zwei Stellungen, wo nämlich der Stab A (oder C) den Stab B verdeckt (Fig. 3); in diesen Fällen sieht das Auge einen dunklen Stab in M und dieser Punkt liegt, wenn ABC ein gleichseitiges Dreieck ist, in der Mitte von OP. Wenn diese Erklärung richtig ist, so müssen bei vier Stäben drei dunkle Linien im Innern des Cylinders auftreten, von denen die eine grade durch die Mitte der Scheibe geht, die andern beiden durch die Mitten zweier Vierecksseiten. Bei sechs Stäben treten fünf schwarze Linien auf u. s. f. Die Erscheinung lässt sich auch mit reflektiertem Licht projizieren und objektiv sichtbar machen. (*Buletinul de Sciin. Fiz. din Bucuresci-Romania, II. No. 1–2, 1893.*)

Nachweis des Magnetismus des Sauerstoffs. In der französischen Ausgabe von Boys' *Soap Bubbles* hat Guillaume ein von Boys herrührendes Verfahren mitgetheilt, um das von Faraday entdeckte paramagnetische Verhalten des Sauerstoffs nachzuweisen. Dieser Versuch ist auch der deutschen Ausgabe des Buches (vgl. d. Heft S. 39) eingefügt worden. — Mit einer abgemessenen Menge Sauerstoff wird eine Seifenblase hergestellt und zwischen zwei Drahtringe gebracht, die so an einem Stativ befestigt sind, dass sie leicht und schnell von einander entfernt werden können. Durch Verschieben der Ringe wird die Blase in einen Cylinder verwandelt, dessen Höhe gleich seinem Umfange ist (Fig. 1). Bringt man diesen zwischen die Pole eines Elektromagneten und erregt durch Schliessen des Stromes dessen Magnetismus, so reicht die geringe Anziehung, die auf den Sauerstoff ausgeübt wird, hin, um den Cylinder zu zerstören, der sich bekanntlich an der Grenze seiner Stabilität befindet. Er zerfällt in zwei Seifenblasen (Fig. 2), von denen die grössere sich an dem unteren Ringe zwischen den Magnetpolen bildet, während die kleinere sich an den oberen Ring anheftet.

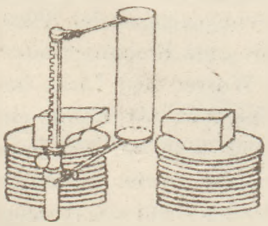


Fig. 1.

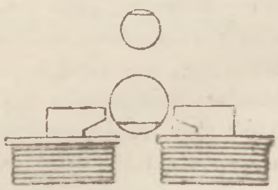
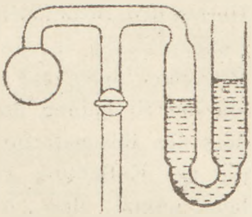


Fig. 2.

H.

Versuch über die Spannung im Innern einer Seifenblase. Zum Nachweis, dass die Spannung im Innern einer Seifenblase nur von ihrer Krümmung abhängt, benutzt

C. V. Boys (*Soap Bubbles S. 56, deutsche Ausgabe von Meyer S. 23*) ein kleines Manometer, an dessen einem Ende ein Rohr angeschmolzen ist, mit welchem man eine Seifenblase herstellen kann. Lässt man die Blase allmählich grösser werden, so zeigt das Manometer eine immer geringer werdende Spannung der Luft in der Blase an. Man kann so den Satz herleiten, dass die Spannung der Luft in einer Seifenblase um so grösser ist, je kleiner die Blase ist. Da aber die Oberflächenspannung unabhängig von der Grösse der Blase ist, so kann die Spannung der Luft in der Blase nur von der Krümmung abhängen. Der Apparat hat so kleine Abmessungen, dass die Erscheinung projiziert werden kann. *H.*



Kalte Berussung. O. Lummer und F. Kurlbaum geben in ihren bolometrischen Untersuchungen (*Wied. Ann. 46, 219*) folgendes Verfahren an: Aus einem dünnen Messingröhrchen von 4 mm Durchmesser, durch das ein Docht gezogen ist, wird ein Petroleumbrenner hergestellt. Zum Schutz gegen Luftströmungen befindet sich ein kegelförmiger Mantel über dem Brenner. Auf den Schutzmantel ist ein Glascylinder übergreifend aufgesetzt. In dieser Stellung brennt die Lampe ohne zu russen. Durch Heben des Cylinders kann man einen Russfaden von jeder gewünschten Feinheit oder Stärke erzeugen. Über dem Cylinder befindet sich ein Kupferblech von etwa 12 cm Durchmesser, das in der Mitte ein Loch von 4 mm Durchmesser hat. Da der Russfaden schnurgerade in die Höhe steigt, so lässt es sich erreichen, dass sein Weg durch das Loch führt. Während das Kupferblech sehr heiss wird, ist die Erwärmung, welche der zu berussende Körper erfährt, kaum noch bemerkbar. — Ein viel einfacheres Verfahren teilt Knut Angström in einer Untersuchung über die Strahlung verdünnter Gase (*Wied. Ann. 48, 497*) mit: Eine Stearinkerze wird so unter ein Drahtnetz gehalten, dass die Spitze der Flamme das Netz berührt. Der zu berussende Gegenstand wird oberhalb des Drahtnetzes hin- und herbewegt. Die Wärme über dem Netze ist so gering, dass man auf diese Weise auch leicht schmelzbare Körper, wie Stanniolgitter, berussen kann. *H.*

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Über die Vergleichung der Lichtstärken auf photoelektrischem Wege. Von Elster und Geitel. (*Wied. Ann. 48, 625; 1893.*) Um die durch die Belichtung bewirkte Zerstreuung der negativen Elektrizität an reinen Metallflächen zur Vergleichung der Intensitäten zweier Lichtquellen benutzen zu können, schalteten Elster und Geitel eine ihrer schon früher (*d. Zeitschr. V 38*) beschriebenen Kaliumzellen — luftleere Glaskugeln mit zwei Platinelektroden, von denen die eine mit der die Glaswandung teilweise bedeckenden Kaliumschicht in Verbindung steht — zugleich mit einem empfindlichen Galvanometer derart in den Stromkreis einer constanten Batterie ein, dass der positive Strom von der freien zu der vom Kalium bedeckten Elektrode übergehen musste. Die elektromotorische Kraft der Batterie wurde so gewählt, dass im Dunkeln keine Entladung durch die Zelle hindurch erfolgte, bei Belichtung jedoch ein Strom durch dieselbe hindurchging, dessen Intensität durch den Galvanometerausschlag gemessen wurde. Die Versuche ergaben, dass die Lichtintensitäten den Galvanometerausschlägen proportional sind. Durch passende Wahl der elektromotorischen Kraft liess sich die Empfindlichkeit des Apparates den Bedürfnissen entsprechend regulieren. So genügten für Tageslicht 1 Volt, für Lampenlicht 100 Volt und für Mondlicht 300 Volt. Die Lichtempfindlichkeit der Kaliumzellen für die verschiedenen Farben stimmt nicht mit derjenigen des Auges überein, da dieselben für blaues Licht die grösste Empfindlichkeit zeigen. Ausserdem wird die ultraviolette Strahlung von der die Kaliumschicht umgebenden Glaswand absorbiert. Man kann deshalb mit Hülfe dieser Zellen nur Lichtintensitäten derselben Farbe mit einander vergleichen. *H. R.*

Zur objektiven Darstellung der Hertzschen Versuche über Strahlen elektrischer Kraft. Von Zehnder (*Wied. Ann. 47, 77, 1892; 48, 549, 1893*). Um die kleinen Hertzschen Sekundärfunken einem Auditorium sichtbar zu machen, verlegt Zehnder die Funkenstrecke in die unmittelbare Nähe der Kathode einer Geislerschen Röhre, deren Hauptelektroden auf einer Potentialdifferenz erhalten werden, die eben noch nicht genügt, um die Entladung hervorzurufen. Ist der Abstand der Sekundärelektroden so bemessen, dass der Resonatorfunke als Glimmlicht übergeht, so wird durch den Eintritt desselben die zur Entladung zwischen den Hauptelektroden erforderliche Potentialdifferenz soweit herabgesetzt, dass der Strom übergeht und das Rohr leuchtet. Das Geislersche Rohr war auf 1,5 mm Quecksilberdruck ausgepumpt, sodann wurde zur Absorption des in ihm vorhandenen Sauerstoffs (nach Warburg, *Wied. Ann. 40, 1, 1890*) Natriummetall elektrolytisch eingeführt, indem das eine Ende des Rohrs in auf 300° erhitztes Natriumamalgam getaucht und ein Akkumulatorstrom von demselben nach einer eingeschmolzenen Platinelektrode geleitet wurde. Zur Herstellung der Potentialdifferenz an den Hauptelektroden des Entladungsrohrs wurde der Strom von 600 kleinen nach Planté formierten Akkumulatoren durch zwei regulierbare Jodcadmium-Amylalkohol-Widerstände mit Cadmiumelektroden (Hittorf, *Wied. Ann. 7, 559, 1879*) geleitet und das Rohr als Nebenschluss zu dem einen dieser Widerstände geschaltet; oder es wurde die Kathode zur Erde abgeleitet, die Anode mit einem Stanniolblatt verbunden, welches in die Nähe des einen Zuleitungsdrahtes vom Induktorium zum primären Erreger gebracht wurde, so dass sich ein Teil des primären Stromes abzweigte und zur Erregung des Geislerschen Rohres diente. Es konnten nach dieser Methode die Hertzschen Versuche bis auf 10 m Entfernung in einem nicht verdunkelten Zimmer gesehen werden. *H. R.*

Eine Versuchsanordnung zur Demonstration und zum Studium der Hertzschen Wellen. Von A. Righi. (*Rendic. d. R. acc. d. Lincei 30. April, 3. Jun. 1893*). Den Hertzschen Erreger ersetzt Righi durch zwei 30 cm lange, 1 cm dicke Messingstäbe, welche an allen vier Enden Kugeln von 4 cm Durchmesser tragen. Die Stäbe bilden die Axen zweier auf ihnen verschiebbaren kreisförmigen Kupferplatten von 34,5 cm Durchmesser. Die Funkenstrecke ist von einer Glaskugel von 11 cm Durchmesser umgeben, welche mit Vaselinöl gefüllt ist, so dass der Primärfunke durch diese Flüssigkeit schlagen muss. Den beiden äusseren Kugeln dieses Erregers stehen zwei gleiche an Messingstäben befestigte Kugeln gegenüber. Diese Stäbe sind durch dicke Drähte mit den Polen einer Influenzmaschine verbunden, welche 30 cm lange Funken zu liefern vermag. Die Länge der beiden äusseren Funkenstrecken lässt sich so wählen (3—4 cm), dass der Erregerfunke seine stärkste Wirkung ausübt. Der Resonator ist ein Kreis von 57 cm Durchmesser aus 2 mm dickem Kupferdraht, der an einer Stelle durch ein 15 cm langes Geisslersches Rohr unterbrochen ist. Statt desselben wurde auch ein kreisförmig gebogenes mit verdünnter Luft (Druck 0,0086 mm) gefülltes Glasrohr verwendet. Mit Hilfe dieser Vorrichtungen liessen sich die Wellen im Luftraum und ihre Reflexion an einer Metallwand sowie die Wellen in Drähten objektiv darstellen.

Mit Hilfe eines nur aus zwei Messingkugeln bestehenden Erregers erhielt Righi Wellen von 20 cm und sogar von 7 cm Länge, die sich mit einem gewöhnlichen Hertzschen Funkenresonator nachweisen liessen. Die hierzu verwendeten Kugelpaare hatten einen Durchmesser von 4 resp. 1,36 cm. Jedes Paar war mit Schellack in den abgeschliffenen Boden zweier Glastrichter eingekittet, welche von zwei horizontalen federnden Ebonitsreifen getragen wurden, so dass die Kugeln senkrecht über einander lagen und an ihrer Berührung durch eine den Zwischenraum beider Streifen regulierende Mikrometerschraube gehindert wurden. Der untere Trichter wurde mit durch Vaselin verdicktem Vaselinöl angefüllt. Den beiden Erregerkugeln standen oben und unten zwei gleichgrosse Kugeln gegenüber, die mit den Polen einer Influenzmaschine verbunden waren. Die äusseren Funken hatten Luftstrecken von ungefähr 2 cm, der innere eigentliche Erregerfunke eine Flüssigkeitsstrecke von 0,2 cm Länge zu durchschlagen. Als Resonatoren dienten Streifen von versilbertem Spiegelglas, deren Silberschicht für die grösseren Wellen eine Länge von 11,5 cm und eine Breite von 0,6 cm hatte, während die für die kürzeren Wellen bestimmten Schichten 3,9 cm lang und 0,2 cm breit waren. Ein mit dem Teildiamanten gezogener Querstrich von ungefähr 0,002 mm Breite, der die Silberschicht halbierte, bildete die Funkenstrecke. Die in derselben überspringenden Sekundärfunken konnten mit einer vorgesetzten Lupe beobachtet werden.

Für die kurzen Wellen hat Righi sämtliche bisher über elektrische Wellen angestellten Versuche mit viel kleineren Apparaten wiederholt. Als Reflektoren benutzte er entweder Parabelspiegel von nur 40 cm Höhe und 32 cm Breite, oder auch die gewöhnlichen sphärischen Brennspiegel. Zur Erzeugung stehender Wellen durch senkrechte Reflexion an einer Metallwand genügte eine Platte von 1 qdm Fläche. Bei der Kleinheit der Apparate liessen sich Wand und Resonator in isolierende Flüssigkeiten setzen und so die Wellenlänge innerhalb derselben ausmessen. Zur Demonstration der Brechung wurde dem mit parabolischem Reflektor versehenen Erreger ein Metalldiaphragma mit einer 17 cm hohen, 7 cm breiten Öffnung gegenübergestellt und vor die Öffnung ein ebenso hohes Paraffinprisma gesetzt, dessen brechender Winkel 30° betrug. Wurde vor die Schirmöffnung die eine Kathetenfläche eines rechtwinkligen Paraffinprismas gesetzt, so trat in dem der anderen Kathetenfläche gegenübergestellten Resonator die Erscheinung der totalen Reflexion auf; wurde alsdann der Hypothenusenfläche des Prismas die entsprechende Fläche eines ebensolchen zweiten Prismas parallel genähert, so nahmen die sekundären Funken, sobald die Entfernung beider Flächen kleiner wurde als $\lambda/4$, an Glanz ab, um vollständig zu erlöschen, wenn die Flächen in Contakt getreten waren. Auch die Concentration der elektrischen Strahlen durch eine vor die Schirmöffnung gestellte plan-convexe Paraffinlinse liess sich mit Hilfe des Resonators nachweisen.

Jeder Resonator selbst muss wieder als Erreger von Wellen angesehen werden; die ausgestrahlten Wellen besitzen dieselbe Länge wie die auffallenden, haben jedoch gegen diese die Phasendifferenz $\lambda/2$. Werden daher dem Erreger gegenüber zwei Resonatoren im gegenseitigen Abstand $\lambda/4$ hinter einander aufgestellt, so werden die Funken im ersten durch die Anwesenheit des zweiten verstärkt; stehen die beiden Resonatoren neben einander, so verstärken sie sich gegenseitig, wenn ihr Abstand $\lambda/2$ beträgt. Zum Beweise der Giltigkeit des Huyghensschen Prinzips wurde die vom Erreger ausgehende Cylinderwelle in Elementarwellen zerlegt und die beiden seitlichen Zonen, welche mit dem direkten Wellenteil in dem gegenüberstehenden Resonator eine Phasendifferenz $\lambda/2$ ergaben, durch Zinkblechstreifen von passender Breite abgeblendet. Die Resonatorfunken wurden dadurch bedeutend lebhafter. Wurden jedoch durch die Zinkstreifen diejenigen Zonen ausgeschieden, welche mit der mittleren Welle die Phasendifferenz λ ergaben, so wurden die Resonatorfunken schwach oder erloschen. Einen ähnlichen Einfluss übten die Isolatoren aus. Wurde die mittlere Zone durch einen Glasstab verdeckt, so wurden die Funken im Resonator schwächer, wurde dagegen eine der beiden Seitenzonen verdeckt, so wurde der Sekundärfunke verstärkt. Ein Paraffinstab wirkte im entgegengesetzten Sinne, so dass die Absorption der elektrischen Wellen im Glas stärker, im Paraffin schwächer sein muss als in der Luft. Die Versuche entsprechen den optischen über die Beugung des Lichts an den Rändern von undurchsichtigen und von durchsichtigen Schirmen. Eine direkte Vergleichung der Absorption verschiedener Dielektrika wurde dadurch herbeigeführt, dass nach Einschaltung des Isolators zwischen Erreger und Resonator der ebenfalls mit Parabelspiegel versehene Resonator um eine horizontale Axe soweit gedreht wurde, bis der Sekundärfunke erlosch. Der Cosinus des erforderlichen Drehungswinkels ist dann das Maass für die Absorption. Es ergab sich, dass Paraffin und Ebonit die elektrischen Strahlen in geringerem Maasse absorbieren als die Luft. Beim Steinsalz war ebenfalls keine Absorption zu bemerken; dagegen zeigten Glas, Glimmer, Schellack, Porzellan und andere feste und flüssige Isolatoren geringere oder grössere Absorption. *H. R.*

---

3. Geschichte.

Zur Geschichte des Thermometers. Von E. Gerland. Der eben erschienene fünfte Band der gesammelten Werke von Huygens enthält die Correspondenz des holländischen Gelehrten aus den Jahren 1664 und 1665; er bietet auch einige Aufklärungen über die Entwicklungsgeschichte des Thermometers im siebzehnten Jahrhundert. Die darauf bezüglichen Briefe wechselte Huygens mit Robert Moray, dem ersten Präsidenten der Royal Society. Den Anlass zu diesen Mitteilungen gab ein Versuch des Lütticher Kanonikus de Sluse, Temperaturänderungen durch die Dichtigkeitsänderungen von Salzwasser nachzuweisen, in welchem eine aus Wachs und Sand bestehende Kugel schwebte, die bei steigender Temperatur zu Boden sank, um bei sinkender wieder emporzusteigen. Dieser Versuch war zwar bereits 1649 von Ferdinand II. von Toskana angestellt, auch 1654 von Kircher und 1657 von Schott veröffentlicht worden, Huygens kannte ihn jedoch noch nicht und teilte ihn Moray mit. Dieser erwidert (7. November 1664), dass der Versuch auch von Boyle 1660 angestellt sei und berichtet zugleich über neuere thermometrische Versuche, die Robert Hooke, der Experimentator der Gesellschaft, in deren Auftrage angestellt habe. Man sei der Ansicht, dass die mit gefärbtem Alkohol gefüllten Thermometer, die aus einer luftdicht verschlossenen mit einer zwei bis drei Fuss langen Röhre versehenen Flasche bestehen, viel empfindlicher und genauer seien. In einem zweiten Brief (19. Dezember 1664) giebt Moray eine eingehendere Beschreibung des Thermometers. Hiernach wird an eine Glasröhre von $^1/_{10}$ Zoll oder weniger innerem Durchmesser eine Kugel von ungefähr 2 Zoll Durchmesser angeschmolzen, gefärbter Weingeist hineingefüllt, an das andere Ende (wie die Figur zeigt) eine kleinere Kugel luftdicht angeschmolzen, und das Ganze an einem Holzgestell befestigt, das mit einer Gradteilung versehen ist; der oberste Punkt derselben bezeichnet die höchste Sommertemperatur, der unterste den Kältegrad, bei dem das Wasser gefriert.

Huygens antwortet (2. Januar 1665) mit einem Schreiben, worin zum ersten Mal der Vorschlag gemacht wird, die ganz unsicheren Punkte grosser Winterkälte und Sommerwärme durch die beiden Punkte des gefrierenden und siedenden Wassers zu ersetzen. Dass er aber diese als fest erkannt hatte, beweisen die Vorteile, die er sich von ihrer Anwendung verspricht, die Möglichkeit, an jedem Ort und zu jeder Zeit vergleichbare Thermometer verfertigen zu können, ohne dass man sie mit einem einzigen Urthermometer vergleichen müsste. Hiermit ist der Gedanke vorgezeichnet, den Fahrenheit erst fast fünfzig Jahre später verwirklicht hat. Demnach würde Huygens und nicht Halley (1688) der Ruhm gebühren, die Constanz des Siedepunktes zuerst erkannt zu haben. Doch hatte Huygens mit seinem Vorschlage bei den Engländern kein Glück. Die Antworten Morays zeigen Hooke nur mit der Untersuchung des Gefrierpunktes des Wassers beschäftigt, von dessen Constanz er sich nicht recht überzeugen konnte, ohne dass er indessen auf den Gedanken kam, ihn durch den wirklich constanten Schmelzpunkt zu ersetzen. Moray erwähnt auch in seinem hierauf bezüglichen Bericht, dass man an mehreren Orten die Angaben eines Thermometers der Hookeschen Construktion und gleichzeitig die einer mit Quecksilber gefüllten Röhre (des Barometers) sowie die Witterung aufzeichne. In seiner Antwort (9. Mai 1665) fasst Huygens auch dies sofort von einem weiteren Gesichtspunkt auf, indem er erklärt, *si l'on en pouvait tirer quelque prognostique pour les changements de l'air, et des vents, serait une chose d'importance.*

Nach allem hat Hooke in dieser Sache nur das Verdienst, der Urheber jener grossen, mehrere Fuss langen Thermometer zu sein, die später, namentlich auch in den Händen von Réaumur, nicht dazu beitrugen, die Genauigkeit dieser Apparate zu erhöhen; es war ihm versagt, die Tragweite der Huygensschen Vorschläge zu fassen. Der geniale Niederländer dagegen nimmt scheinbar mühelos voraus, was erst nach Jahrhunderte langer Arbeit zum dauernden Besitz der Wissenschaft werden sollte.

(*Zeitschr. f. Instrk. XIII, 390; 1893.*)

Unterricht und Methode.

Beiträge zum Unterricht in der Lehre von der Elektrizität und vom Magnetismus. Im *Pädagog. Archiv 35 No. 7 (1893)* schliesst W. Krumme seine Beiträge für die zweite Stufe des physikalischen Unterrichts ab, indem er das Material über die Verwandlung des mechanischen Arbeitsvermögens in elektrisches und über die Umformung von Induktionsströmen zusammenstellt (vgl. *d. Zeitschrift VI, 43, 203, 263*). Hier tritt die Wichtigkeit der Einführung des Potentialbegriffs in den Schulunterricht besonders deutlich hervor. Denn ohne die Kenntnis des Hauptsatzes vom Potential [Arbeit $= (V_1 - V_2) e$] ist der Begriff des elektrischen Arbeitsvermögens „gar nicht zu verstehen und eine Behandlung der Elektrizitätslehre vom Standpunkt des Satzes von der Erhaltung des Arbeitsvermögens aus einfach unmöglich.“ Auch die Kraftlinien sind hier wegen der Anschaulichkeit und Klarheit, die durch ihre Benutzung in diesen Teil der Elektrizitätslehre gebracht wird, von besonders grossem Nutzen.

Im einzelnen stellt der Verfasser dar: die Induktion in einem Elemente eines geradlinigen Leiters unter Benutzung der Jamieson'schen Regel; die Grösse der elektromotorischen Kraft der Induktion und im Zusammenhange damit den Begriff der absoluten elektromotorischen Kraft und des Volt; die Richtung des Induktionsstromes; die Induktion in einem geschlossenen linearen Leiter; die Induktion in körperlichen Leitern; den Extrastrom; den Induktionsapparat und die Umformung des elektrischen Arbeitsvermögens. Am Schluss werden die Regeln über Wirkung zwischen Magneten und Strömen und über Induktionsströme noch einmal zusammengestellt und 14 Aufgaben (z. Teil Denkaufgaben) als Übungsbeispiele zu dem behandelten Gebiet hinzugefügt. *P.*

Die Verwertung des geschichtlichen Elements im chemischen Unterricht. Von L. Knöpfel. *Programm des Grossh. Gymnasiums und der Grossh. Realschule zu Worms, 1893.* Der Verfasser vertritt aufs eifrigste den schon von Diesterweg aufgestellten Grundsatz, dass die Art und Weise, wie die Gegenstände des Wissens gefunden wurden, zugleich die wahrhaft bildende Methode des Unterrichts sei. Er bekennt sich demgemäss mit grosser Entschiedenheit zu der Forderung, die in dem Programm dieser Zeitschrift (*I, 1*) ausgesprochen ist: „Die Methode des wissenschaftlichen Erkennens muss auch die Methode des Unterrichts sein.“ Er fasst im besonderen die Aufgabe ins Auge, die Geschichte der Chemie in den Dienst der Schule zu stellen und lehnt sich namentlich an das vorzügliche, leider im Buchhandel längst vergriffene Werk von H. Kopp über die Geschichte der Chemie an. In der Überzeugung, dass die entwickelnde Schulmethode mit der geschichtlichen Entwicklung abrechnen müsse, giebt er als Bruchstück aus umfassenderen Studien einen Abriss der Geschichte der Verbrennungslehre und liefert für den mit den Quellen nicht Vertrauten ein Bild der Entwicklung dieser Lehre bis zu Lavoisier.

Man sollte erwarten, dass dieser Skizze nun eine Anwendung folgte, indem ein Lehrgang über die Verbrennungserscheinungen auf der Grundlage des historischen Ganges der Entdeckungen geboten würde. Der Verfasser hätte damit eine einheitliche Abhandlung geliefert und einen wertvollen Beitrag zur Methodik gegeben. Statt dessen geht er zu allgemeinen Erörterungen über, deren Gedankengang er selbst wie folgt zusammenfasst: „Der darzubietende Unterrichtsstoff muss nicht bloss logisch, sondern mit Rücksicht auf das ihn aufnehmende Subjekt auch psychologisch entwickelt werden. Diese dem menschlichen Geist entsprechende natürliche Entwicklung findet sich in der geschichtlichen Entwicklung eines Gegenstandes zum Teil ausgeprägt.“ Die Darstellung des Lehrstoffes habe nach Möglichkeit mit den einfachen naturgemässen Beobachtungen anzuheben, die die Menschheit, insbesondere die grossen Forscher selbst, zur Erkenntnis geführt haben.

In einem letzten Abschnitt erst wendet sich der Verfasser wieder zu einigen Einzelfragen des Unterrichts, leider auch hier in bruchstückhafter, völlig undisponierter Darstellung. Er erörtert nämlich nach einander: 1) Welche Stelle soll der Versuch im

Unterrichtsgang einnehmen? Er schliesst sich hier der Auffassung neuerer Methodiker an, dass die Versuche nicht im Vordergrund des Unterrichts stehen dürfen, sondern den Endpunkt einer Gedankenreihe bilden müssen. „Ein unvermittelter Versuch als brutale Thatsache trägt zur Erkenntnis gar nichts bei.“ Es folgt 2) ein Abschnitt „Einführung des Begriffs Element“, der rein historischen Charakters ist und nur am Schluss einen Angriff gegen bekannte Schriftsteller enthält: „die Geschichte lehrt also: die elementare Natur der Körper kann man nicht durch [ein] paar Versuche beweisen; am allerwenigsten kann der Begriff Element durch die Veraschungs- und Verbrennungserscheinungen wie bei Arendt und Wilbrand von den Schülern gefunden werden.“ Man erwartet nun unter der Überschrift „Wie muss also der Begriff Element im Unterricht eingeführt werden“ eine bessere Herleitung des Elementbegriffs zu erfahren. Aber auch hier wird die Erwartung getäuscht. Eine Auseinandersetzung von 13 Zeilen bringt bloss die zwei Thatsachen, dass der Messinggiesser durch Zusammenschmelzen von 2 kg Kupfer und 1 kg Zink 3 kg Messing erhält, und dass jedes Erz weniger Metall liefert, als das Gewicht des Erzes beträgt. Nach dem vorausgegangenen Angriff wäre der Verfasser dem Leser genauere Rechenschaft darüber, wie er den Stoff behandelt, schuldig gewesen. Statt dessen wird der noch übrige Raum zu einem weiteren Angriff benutzt, und in Abschnitt 3) die These behandelt „die gasförmigen Stoffe dürfen erst möglich spät in den Lehrgang eingeführt werden“; dann in 4) die Behauptung (zugleich als Schluss der Abhandlung) aufgestellt: „der Unterrichtsgang darf nicht mit den Veraschungs- und Verbrennungsvorgängen wie bei Arendt und Wilbrand begonnen werden“. Dies wird damit motiviert, dass die Untersuchung der Luft den grössten Denkern fast unüberwindliche Schwierigkeiten bereitet habe. Aber der Verfasser verschiebt hier die zuvor von ihm selbst vorgetragenen historischen Thatsachen, wenn er sagt, dass die Schwierigkeit in der Untersuchung der Verbrennungsursachen fast ausschliesslich in dem Umstand gelegen habe, dass man es hier mit gasförmigen Körpern zu thun hatte. In seiner historischen Darstellung der Verbrennungslehre weist er darauf hin, dass man unter dem Einfluss der aristotelischen Auffassung von der Verbrennung als einem Zerstörungsprozess die Thatsache nicht vorurteilsfrei betrachtet habe, sonst hätte man längst zu der richtigen Auffassung kommen müssen. Für unsere Schüler fallen diese Schwierigkeiten fort, ebenso wie die Hindernisse, mit denen Galilei bei der Entdeckung des Beharrungsgesetzes zu kämpfen hatte. Sind also die historischen Gründe, die der Verfasser gegen die von ihm angefochtene Methode anführt, nicht stichhaltig, so wird andrerseits auch die Erfahrung der grossen Mehrzahl der Chemielehrer dahin gehen, dass gerade das Kapitel von der Verbrennung das für den Anfangsunterricht wirksamste, und zugleich trotz der gasförmigen Stoffe eins der am leichtesten verständlichen ist. Dies schliesst nicht aus, dass zuvor etwa in wenigen Stunden einige orientierende Versuche über chemische Verbindung von festen Körpern vorgeführt werden, wozu sich die Schwefelverbindungen hier vortrefflich eignen. Viele Lehrer, die sich im übrigen an Arendt oder Wilbrand anschliessen, werden diese Art der Einleitung als zweckmässig befunden haben. (Vgl. *d. Zeitschr. V 134* und *VI 320.*) Man soll aber auch in diesen Dingen die Toleranz üben, die der Verfasser als einen Ertrag des Studiums der Geschichte hinstellt. Auch auf dem Gebiet des Unterrichts, wie auf dem der Forschung, führen oft mehrere Wege zu dem gleichen Ziel. Es ist begreiflich, das Jemand in der ersten Genugthuung über eine gewonnene Einsicht das Verdienst anderer unterschätzt; dies ist aber in diesem Fall um so weniger angebracht, als namentlich Wilbrand sich in dem Vorwort zu seinem Lehrbuch ausdrücklich mit der Frage beschäftigt hat, inwiefern bei der methodischen Gestaltung des Stoffes die Anlehnung an den historischen Gang ratsam sei. Wir sind überzeugt, dass der Verfasser bei dem Eifer, mit dem er seine Sache vertritt, der Methodik des chemischen Unterrichts manchen dankenswerten Dienst leisten wird, um so mehr, je zurückhaltender er mit seinem Verdammungsurteil gegen verwandte Bestrebungen wird. *P.*

Das geschichtliche Element im physikalischen Unterrichte in den Oberklassen der Mittelschulen. Von G. Effenberger. Der Verfasser legt den Wert geschichtlicher Betrachtung im Hinblick auf die letzten Ziele des Unterrichts und der Erziehung dar. Im besonderen hebt er die Notwendigkeit des historischen Elements für die wichtige Wertschätzung der physikalischen Errungenschaften und für die kulturgeschichtliche Betrachtung überhaupt hervor. An Beispielen, wie die Entdeckung Galvanis, könne die Jugend erkennen lernen, dass die Wissenschaft ein Gewordenes, in steter Entwicklung Begriffenes sei, und dass die Physik erst nach und nach die Stufe der Vervollkommnung, die sie heute behauptet, erstiegen habe. Dem Schüler dürfe nicht die fertige Wahrheit, losgelöst von aller Entwicklung, wie ein Wunder vorgeführt werden; er müsse ihr allmähliches Entstehen erfahren, die Irrtümer, welche begangen wurden, kennen lernen, um in ihren vollen Besitz zu gelangen. Die Physik in ihrer geschichtlichen Darstellung sei die eigentliche Lehre von der Entwicklung des menschlichen Geistes und führe mehr als vielleicht irgend ein anderer Gegenstand in der Mittelschule zu einer bestimmten Weltanschauung. Der Verfasser beruft sich für seine Forderungen auf Aussprüche von Jolly, Mach, auf die Instruktionen für österr. Gymnasien und Realschulen u. a. m.

Nach Ansicht des Verf. liesse sich dem geschichtlichen Element im Unterricht am besten dadurch Rechnung tragen, dass man die Geschichte der Physik am Ende des Schuljahres einheitlich und zusammenhängend behandelte. Aber das Geschichtliche gehöre nur soweit in den Unterricht, als es das Interesse an dem physikalischen Stoff zu heben im stande sei, oder durch bleibendes Interesse für die Persönlichkeit des Forschers auch seine Entdeckungen im Gedächtnis wachhalte, oder ein leichteres Verständnis der Sache und des Wesentlichen vermittle. Darum sei das Memorieren von Jahreszahlen möglichst auszuschliessen, dagegen das Leben und Wirken grosser Männer der Wissenschaft zu behandeln. „Die Persönlichkeiten eines Aristoteles, Descartes, Galilei, Kepler, Newton kennen zu lernen ist bildend und beglückend.“ Auch die Lehrbücher sollten eine fesselnde Darstellung der Lebensschicksale solcher grossen Männer der Wissenschaft, ihrer Leiden und ihrer Erfolge bieten. Als Ersatz dafür kann das Schriftchen von Netoliczka, herausgegeben von Wachlowski (d. Zeitschr. *V 220*) dienen. Der Verfasser des Aufsatzes pflegt die Haupterscheinungen und Gesetze eines bestimmten Gebiets zuerst ohne historisches Beiwerk, ausgenommen die Angabe des Namens eines Entdeckers oder Erfinders, zu entwickeln. Bei der übersichtlichen Wiederholung am Schlusse des ganzen Abschnitts, wo für das Verständnis der Geschichte die Grundlage vorhanden ist, fasst er das Ganze zusammen als ruhend auf dem Grundgedanken oder gekrönt durch die Entdeckung des Mannes, dessen Name den ganzen Abschnitt beherrscht, und findet so den Anlass zur Anknüpfung der bezüglichen Hinweise, Andeutungen oder Ausführungen geschichtlichen Charakters. „Abfragbar wird bei der Kürze der uns zur Verfügung stehenden Zeit zwar vieles, vielleicht das meiste des so Besprochenen nicht sein; aber reicher, anregender und fruchtbarer wird sich so unser Unterricht gestalten, der neben dem rein physikalischen Gewinne den Zusammenhang unseres Thuns und Treibens mit der Vorzeit lebendig werden lässt.“ *(Österr. Mittelschule, VII, 15; 1893.)* P.

---

5. Technik und mechanische Praxis.

Die neuere Entwicklung des Telephonwesens. Während man noch vor kurzem die Verwendbarkeit des Telephons auf den Lokalverkehr beschränkt glaubte, tritt es heute selbst auf grosse Entfernungen hin in Wettbewerb mit dem Telegraphen. So hat sich nach Herstellung der telephonischen Verbindung zwischen Paris und London eine Privatindustrie gebildet, indem gewandte Stenographen, die sich durch besonders geübte Gehörorgane zur telephonischen Entgegennahme von Nachrichten vermöge jener Verbindung ungewöhnlich eignen, es übernehmen, eine Nachricht von 400 Worten in drei Minuten zu befördern, und hierfür eine Entschädigung von nur 26 Frcs., einschliesslich der amtlichen Gebühr von 10 Frs., verlangen. Besonders geschickte Personen vermögen sogar bis zu 576 Worten in drei Minuten zu befördern. Durch diese Leistungen werden die des Telegraphen sowohl hinsichtlich der Schnelligkeit der Übertragung als hinsichtlich des Preises erheblich übertroffen. Dazu kommt, dass auch die Möglichkeit des Fernsprechens auf sehr grosse Entfernungen durch die Eröffnung der telephonischen Verbindung zwischen New-York und Chicago (1500 km) praktisch dargethan ist. Ein derartiger Betrieb ist nur möglich geworden durch eine sehr hohe Vervollkommnung der Telephonapparate. In Bezug auf die Deutlichkeit der Übertragung gilt heut der Typus des Hennings-Mikrophons als das wirksamste (dessen schematische Darstellung in *d. Zeitschr. VI 256* gegeben ist). Bei der Verbindung New-York-Chicago ist eine von A. C. White in Boston angegebene Form dieses „Transmitters“ verwendet worden, die als Solid Back-Transmitter bezeichnet wird. Hier sind die Elektroden durch zwei Kohlenplatten gebildet, von denen die eine unter Zwischenfügung eines elastischen Glimmerplättchens an der Schallplatte, die andere an der gegenüberliegenden Wand der Mikrophonkammer befestigt ist. Der Raum zwischen beiden und rings um ihre Ränder ist mit feinem Pulver aus Anthracitkohle angefüllt, die Wandung selbst ist mit gummiertem Papier ausgelegt, um Kurzschluss zu vermeiden. Der Übelstand, dass die Teilchen des Kohlenpulvers bei längerem Gebrauch mehr oder minder zusammenbacken und dadurch die Empfindlichkeit des Telephons beeinträchtigen können, fällt gegenüber der Verwendbarkeit des Instruments für sehr lange Leitungen nicht allzuschwer ins Gewicht und ist durch zeitweilige Auswechselung des Transmitters oder Erneuerung des Pulvers zu überwinden. Auf den letzteren Zweck ist auch die beschriebene Construktion der Mikrophonkammer berechnet.

Als eine Verbesserung des „Empfängers“ ist namentlich die hervorzuheben, die Mercadier neuerdings an seinem schon einige Zeit bekannten Bitelephon angebracht hat. Mercadier hat gefunden, dass die Schallstärke eines Telephons nicht ausschliesslich von der Grösse der Membrane oder deren Dicke oder der Stärke des magnetischen Feldes abhänge, sondern dass eine und dieselbe Schallstärke mit ganz verschiedenen Dimensionen des Telephons erhalten werden könne. Man konnte die Membrane so klein wählen, dass der Grundton derselben höher lag als die Töne, welche die menschliche Sprache zusammensetzen, so dass beim Sprechen wenigstens die Erzeugung des Grundtons der Membrane und der Obertöne derselben, welche die Klangfarbe ändern könnten, vermieden ist. Mit dieser Membrane gelangte man nun für das ganze Hörtelephon zu Abmessungen, die hinter den üblichen Formen so weit zurückbleiben, dass ein einzelnes Telephon dieser Art nur 50 g gegenüber 400 g der gewöhnlichen Telephone wiegt. Man kann daher zwei dieser Telephone zu einem Bitelephon genannten Empfänger vereinigen, indem man sie an den Enden eines V-förmig gebogenen federnden Drahtes derart anbringt, dass jedes in den Gehörgang eines Ohres eingehängt werden kann, während die Hände der empfangenden Person frei bleiben. Der letztere Umstand macht die Construktion besonders für den Dienst in den Vermittlungsämtern, für die Bedienung der Umschalter und für die Entgegennahme von schriftlich festzuhaltenden Nachrichten geeignet. Sie gestattet überdies noch eine Verbesserung der Übertragung dadurch zu erreichen, dass während des Hörens ein Taster niedergedrückt wird, der die Induktionsrolle der empfangenden Station kurz schliesst und wieder einschaltet, sobald letztere zum Geben übergeht. Diese Möglichkeit ist namentlich für weite Entfernungen von grossem Nutzen, wogegen die Unbequemlichkeit, dass der Sprechende von dem Nehmenden nicht augenblicklich unterbrochen werden kann, um so weniger ins Gewicht fällt, je deutlicher die Übertragung durch dieses Verfahren wird. Auch der Gebende kann noch zur Verbesserung der Übertragung mitwirken, indem er vermittelst eines Tasters bewirkt, dass von dem in der Induktionsrolle und Leitung erzeugten Strom nur ein Teil die eigenen Hörtelephone durchfliesst. Doch setzt einstweilen die Anwendung einer solchen zweiten Vorrichtung eine besondere Übung der beiden Correspondenten voraus, wenn Missverständnisse und Zeitverlust vermieden werden sollen. *(Elektrotechn. Zeitschr. XIV, 180; 1893.)*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Lehre von der Elektrizität. Von Gustav Wiedemann. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. Zugleich als vierte Auflage der Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus. I. Band. Mit 298 Holzstichen und 2 Tafeln. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1893. VII und 1023 S. M. 26,—.

Die neue Auflage dieses so überaus verdienstvollen Unternehmens ist wiederum, durch Fortführung der Berichte bis zum Jahre 1892, eine vermehrte und bereicherte. Während auf anderen Wissenschaftsgebieten solche Hülfsmittel wie das vorliegende zu den selbstverständlichen Voraussetzungen des Studiums wie der Forschung gehören, erfreut sich die Physik nur für das hier behandelte Gebiet eines derartigen, mit philologischer Gründlichkeit und Genauigkeit bearbeiteten, überdies durch kritische Sichtung und Beurteilung sich auszeichnenden Werkes. Der vorliegende erste Band umfasst, nach einer kurzen historischen Einleitung, die Grundlehren der Elektrostatik, einschliesslich der Elektroskope und Elektrometer (S. 1—190). Dann folgt die Elektrizitätserregung durch Berührung von heterogenen Körpern, zunächst von Leitern, nebst der Darstellung des Ohmschen Gesetzes, sowie der Bestimmung des Leitungswiderstandes und der elektromotorischen Kraft und einer Übersicht über die gebräuchlichsten galvanischen Elemente (S. 191—893). Den Schluss des Bandes bildet die Elektrizitätserregung bei Berührung von Nichtleitern und bei Änderung des Aggregatzustandes, die Elektrisiermaschinen und Influenzmaschinen, Strömungsströme und elektrische Endosmose (S. 894—1023). *P.*

Lehrbuch der Experimentalphysik. Von Dr. E. Lommel, Professor an der Universität München. Mit 474 Figuren im Text. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth (A. Meiner) 1893. X und 643 S. M. 6,40.

Das Lehrbuch will die Grundlehren der Physik allgemeinverständlich darlegen und beim Unterricht, zur Wiederholung und zur Selbstbelehrung weitesten Kreisen Nutzen bringen. Nach der Absicht des Verfassers soll die Anordnung des Stoffes im allgemeinen dem historischen Entwicklungsgang der Wissenschaft entsprechen. Doch ist, wenn auch einzelne historische Daten Aufnahme gefunden haben, die Darstellung im ganzen als eine systematische zu bezeichnen, die sich nicht erheblich von der sonst in Lehrbüchern üblichen entfernt. Die Darlegungen sind klar und anschaulich, die Figuren in ihrer halb schematischen Ausführung recht instruktiv; hier und da hätte noch eine Figur beigegeben werden können, so für das Bremsdynamometer (§ 56) und den Transmitter (§ 281). Dass Foucaults Pendel einen längeren Aufhängungsdraht und einen hohen Raum erfordert, ist nach Koppe's Ausführungen (diese Zeitschrift *I 14*) nicht mehr zutreffend. Bemerkenswert ist der Gebrauch des Wortes „Wucht“ für lebendige Kraft; das Wort Spannung ist nur als gleichbedeutend mit Potential gebraucht, in anderem Sinne aber durch „elektrostatischen Druck“ ersetzt. Von neueren Fortschritten sind Drehstrommotoren und Transformatoren, sowie elektrische Schwingungen berücksichtigt. *P.*

Seifenblasen. Vorlesungen über Capillarität von C. V. Boys, Mitglied der Royal Society, Professor am South Kensington College. Autorisierte deutsche Übersetzung von Dr. G. Meyer, Privatdocenten an der Universität zu Freiburg i. B. Mit 56 Figuren im Texte und 1 lithogr. Tafel. Leipzig, J. A. Barth, 1893. VI und 86 S. 3 M.

Am 14. April 1888 hielt C. V. Boys in der Physical Society zu London einen Vortrag über Vorlesungsversuche mit Seifenblasen, der berechtigtes Aufsehen erregte und über den diese Zeitschrift (*I 277*) einen ausführlichen Bericht brachte. Zwei Jahre später veröffentlichte Boys, eines der jüngsten Mitglieder der Royal Society, unter dem Titel: „Soap Bubbles and the Forces which mould them. Being a course of three lectures delivered in the theatre of the London Institution on the after noons of Dec. 30, 1889, Jan. 1 and 3, 1890, before a juvenile audience by C. V. Boys. London. Society for promoting christian knowledge. 1890“ ein kleines Werk, welches mit der Meisterschaft eines Tyndall die Oberflächenspannung, die Flüssigkeitsstrahlen und die Seifenblasen behandelte. In diesen Vorlesungen wurde unter Vermeidung mathematischer Entwicklungen durch eine Reihe glänzender Versuche die Capillaritätslehre in der Vollendung dargestellt, welche sie den Arbeiten von Newton, Young, Laplace, Gauss, Poisson, Savart, Quinke, Plateau, van der Mensbrugghe, Clerk Maxwell, W. Thomson, Rayleigh, Rücker, Chichester Bell u. A. verdankt. Der Lehrer der Physik findet in dem kleinen Buche eine grosse Fülle wenig bekannter Thatsachen, trefflicher Schulversuche und wertvoller praktischer Winke.

Der Übersetzer hat das Buch nicht wortgetreu übertragen, sondern mit Genehmigung von Boys leider einige Teile fortgelassen und geringfügige, aber geschickte Änderungen in der

Anordnung des Stoffes vorgenommen. Wäre der Übersetzer ein praktischer Schulmann, so würde er einiges doch nicht weggelassen haben, z. B. nicht die geistreichen Ausführungen über Flächenkrümmung (S. 65—77 des Originals), welche in musterhafter Ausführung zeigen, wie man durch geschickte physikalische Veranschaulichung schwierige mathematische Betrachtungen umgehen und trotzdem ein ausreichendes Verständnis von nicht ganz einfachen Raumgebilden und deren Eigenschaften erzielen kann. Vor allem hätte der Übersetzer bei der Übertragung der „practical hints" jede Kürzung unterlassen sollen. Selbst der scheinbar unbedeutendste praktische Wink eines so bedeutenden Experimentators wie Boys ist wertvoll. Auch der Ton der Übersetzung ist ein anderer; die Frische und der, wenn auch englische, Humor des Vortrags ist einer mehr trockenen und lehrhaften, aber deshalb doch nicht leichtfasslicheren Darstellung gewichen. Auf S. 65 (Z. 10 v. o.) ist ein sinnstörender Druckfehler stehen geblieben, „Stärk-Papier" statt Stück Papier (piece of paper). Auf S. 68 (Z. 19 v. u.) wäre geometrical spiders mit Radspinnen zu verdeutschen. Die Übersetzung ist im übrigen recht gut und sorgfältig; auch sind alle englischen Maassangaben umgerechnet.

Dankenswert sind die Zusätze der deutschen Übersetzung: der Nachweis des Magnetismus des Sauerstoffs nach der französischen, von Guillaume besorgten Ausgabe (vgl. d. Heft S. 30), die Beschreibung des Versuchs von Rayleigh über die Einwirkung des Ätherdampfs auf die Oberflächenspannung des Wassers, die Ausführungen des Übersetzers über die Bewegung des Kamphers auf einer reinen Wasseroberfläche und die Anwendung des Öles zur Beruhigung der Meereswellen. Die Zeichnungen der deutschen Ausgabe sind fast durchweg besser ausgeführt als die des Originals; doch sind die Figuren 9 und 50 des englischen Buches charakteristischer als die entsprechenden Figuren (7 und 23) der deutschen Übersetzung. Die Figuren 16—18 und 24 des Originals hätten nicht weggelassen werden sollen.

Das prächtige Buch muss Lehrern, Lernenden und Freunden der Physik auf das wärmste empfohlen werden. Auch dürfte es sich vortrefflich für Schülerbibliotheken und zu Schulprämien eignen. *Hahn-Machenheimer.*

Physikalisches Praktikum mit besonderer Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Methoden von E. Wiedemann und H. Ebert. 2. Aufl. XXIV und 455 S. 8⁰. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1893. M. 9.

Die Thatsache, dass in knapp drei Jahren eine Neuauflage des Physikalischen Praktikums nötig wurde, scheint eine beifällige Aufnahme des Buches in den beteiligten Kreisen zu beweisen. Nachdem die erste Auflage in dieser Zeitschrift (*IV 152; 1891*) eingehender besprochen worden ist, dürfte für diesmal ein kurzer Hinweis auf einige Aenderungen genügen.

Zunächst sind in der neuen Auflage die meisten tabellarischen Zusammenstellungen, welche die erste im Text brachte, am Schluss des Buches vereinigt und durch einige neue ergänzt. Dann macht sich sehr wohlthuend das Bestreben bemerklich, zu einer knapperen und methodischeren Darstellung der allgemeinen Bemerkungen zu gelangen, manches Überflüssige ist an diesen Stellen verschwunden und teilweise durch Wichtigeres ersetzt worden. Von neu aufgenommenen Übungen und Apparaten seien folgende herausgehoben, ohne damit die Änderungen erschöpfen zu wollen: Versuche mit der Fallmaschine von Atwood; Bestimmung der Schwingungszahl mit resonierender Luftsäule (Quinckes Rohr); Beziehung zwischen Lichtstärke und Gaskonsum; Bestimmung des Krümmungshalbmessers eines Convexspiegels; Doppelbrechung in Krystallen; Quinckes Tangentengalvanometer; Elektrostatische Grundversuche (Erzeugung von Reibungselektrizität und Verhalten derselben; Leiter und Nichtleiter; pos. und neg. Elektrizität; Erzeugung von Elektrizität durch Influenz; die Elektrizität befindet sich nur an der Oberfläche der Leiter).

Zu bedauern ist, dass die zweite Auflage ebenso wenig wie die erste ein ausführliches alphabetisches Sachregister zum raschen Nachschlagen enthält; die systematische Inhaltsübersicht kann hierfür keinen Ersatz bieten. *K. Noack, Giessen.*

Naturlehre für die unteren Klassen der Mittelschulen. Verfasst von Dr. Alois Höfler unter Mitwirkung von Dr. Eduard Maiss. Mit 290 Holzschnitten, drei farbigen Figuren, einer lithographierten Sterntafel und einem Anhange von 140 Denkaufgaben. Wien, Carl Gerolds Sohn, 1893. 182 S. Geb. fl 1,30.

Wenn zwei Fachmänner wie A. Höfler und E. Maiss sich zur Herausgabe eines Leitfadens verbinden, so darf man sicher sein, dass sie nicht bloss den bisherigen Fortschritten der Methodik gerecht werden, sondern dass ihr Buch auch vieles Neue und Eigenartige bietet. In der That ist vor allem ein Gesichtspunkt, über den sich der eine der Verfasser schon des öfteren, auch in dieser Zeitschrift ausgesprochen hat, in diesem Buche in grösserem Umfange als sonst maassgebend gewesen: die Rücksicht auf die Natur und die in ihr sich abspielenden Vorgänge, sowie auf die Wahrnehmungen des täglichen Lebens überhaupt. Solche Beziehungen sind sowohl im Text als auch in den Denkaufgaben des Anhangs in reichlichem Maasse beachtet und es ist damit durchaus dem Geiste der vortrefflichen österr. Instruktionen von 1892 (*d. Zeitschr. V 317*) entsprochen. Ein zweiter allgemeiner Vorzug des Buches ist der, dass Anordnung und Formulierung des Lehrstoffes strengen logischen Anforderungen in höherem Grade genügen, als dies sonst im allgemeinen der Fall ist. Auch wo eine irreführende Sprechweise im wissenschaftlichen Gebrauch ist, wird durch eine aufklärende Bemerkung jede falsche Auffassung ausgeschlossen. So wird, um nur ein Beispiel anzuführen, zur Zusammensetzung der Kräfte (§ 91) bemerkt, man dürfe dies „nicht so auffassen, dass aus mehreren Kräften wirklich eine wird, sondern nur so, dass, wenn statt der mehreren wirklich vorhandenen Kräfte nur die Resultierende da wäre, sie dasselbe leisten würde, was die ersteren zusammen wirklich leisten“. Ähnlich beim Schwerpunkt (§ 95). Man vgl. ferner die Definition des Pendels, des Hebels u. s. w. —

Wir heben einzelnes Bemerkenswerte hervor, indem wir uns der in dem Buche eingehaltenen, im wesentlichen von den österr. Instruktionen vorgeschriebenen Reihenfolge anschliessen. Die Einleitung (§ 1—7) beschränkt sich auf Räumlichkeit, Undurchdringlichkeit, Aggregatzustände, Gewicht, im besonderen Gewicht der Luft und Luftdruck. Die Wärmelehre (§ 8—22) bringt gemäss den im I. Jahrg. d. Zeitschr. gemachten Vorschlägen von E. Mach gleich im Beginn den Unterschied zwischen Wärmegrad und Wärmemenge zur Anschauung. Die Andeutungen über Grad und Menge überhaupt bilden eine angemessene Vorbereitung auf den gleichen Gegensatz in der Elektrizitätslehre. Der Abschnitt ‚Mechanische Molekularwirkungen‘ behandelt kurz (§ 23—29) die Elastizität, Festigkeit, Cohäsion, Adhäsion, aber nicht als allgemeine Eigenschaften, sondern als Arten des Zusammenhanges der kleinsten Körperteilchen, dann erst wird von Molekülen und Molekularkräften gesprochen; Versuche über Mischen und Lösen, sowie über Krystallisation bilden den Übergang zu den Chemischen Erscheinungen (§ 30—50). Hier sind fünf Versuchsgruppen zur Erläuterung der Grundbegriffe vorangestellt, dann folgen in systematischer Anordnung einige Grundstoffe, nebst Ausführungen über Verbrennung und Atmung. An die magnetischen (§ 51—56) schliessen sich die elektrischen Erscheinungen (§ 57—75). Hier, wo die Forschung wie die Didaktik noch völlig im Flusse sind, zeigen sich die meisten Abweichungen vom Herkömmlichen. Der Ausdruck „Elektrizität“ ist fast durchweg durch das präzisere „elektrische Ladung“ ersetzt. Dem Potentialbegriff ist durch scharfe Unterscheidung von Elektrizitätsgrad und -menge vorgearbeitet. Der Galvanismus beginnt mit dem Voltaschen Element (zur Demonstration der physiologischen und der elektroskopischen Wirkungen wird eine Säule von hundert Chromsäureelementen in Reagenzgläschen benutzt). — In der Mechanik (§ 76—130) werden zuerst gleichförmige und beschleunigte Bewegung, die Bewegungsgesetze für den Fall auf der schiefen Ebene und hierauf die für den freien Fall erörtert, dann folgen die Kräfte, dann erst das Beharrungsgesetz, dann Kräftemessung, Stoss, Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, dann unter ‚Bewegungen fester Körper‘: Schwerpunkt, Pendel, der Hebel und die andern einfachen Maschinen. Die Mechanik tropfbar flüssiger Körper beginnt mit der hydraulischen Presse und dem daran erörterten Prinzip der Druckfortpflanzung. In der Mechanik gasförmiger Körper wird das Mariottesche Gesetz an den Anfang gestellt und durch einen bloss fingierten Versuch erläutert (was doch bedenklich scheint); die Dampfmaschine wird am Schluss dieses Abschnittes beschrieben. Die Abschnitte über Schall (§ 131—144) und Licht (§ 145—174) zeichnen sich durch zweckmässige Auswahl und Begrenzung des Stoffes aus. Der Schlussabschnitt ‚Erscheinungen am gestirnten Himmel und astronomische Geographie‘ (§ 175—188) bietet die Ausgestaltung der von A. Höfler bereits früher ausführlich dargelegten Grundsätze und wird diesem, der Physik wiedergewonnenen Teile des Lehrgebiets zur entschiedenen Förderung gereichen.

Wir kommen nun noch auf einige prinzipielle Fragen zu sprechen, zu denen der vorliegende Leitfaden Anregung giebt. 1. Dass der Luftdruck schon in der Einleitung behandelt wird, darin haben die Verfasser die österreichische durch die Instruktionen an die Hand gegebene Gewohnheit beibehalten. Trotz der hübschen, dem Standpunkt des Anfängers angepassten Darstellung (die u. a. auch den berühmten Holzschnitt aus Guerickes *Experimenta Magdeburgica* in vereinfachter Gestalt reproduziert), können wir dieser Einfügung nicht zustimmen, denn sie giebt nur Fragmentarisches, verwendet einen so wichtigen Apparat wie die Luftpumpe nur nebenher, ohne genaueres Eingehen auf Bau und Wirkung (was erst später in der Mechanik der gasförmigen Körper geschieht), nimmt auch das Resultat des Barometerversuchs voraus und zerstört mit dem allen eine der lehrreichsten Untersuchungen, die der physikalische Unterricht überhaupt aufzuweisen hat. Es ist kein zwingender Grund für diese Vorwegnahme abzusehen. Die Abhängigkeit des Siedepunkts vom Druck, die in dem folgenden Abschnitt behandelt wird, dürfte sich auch ohne Schaden an einer späteren Stelle, bei der Mechanik gasförmiger Körper, etwa vor der Dampfmaschine, einschieben lassen. Gewisse Erscheinungen an der pneumatischen Wanne und beim Füllen eines Thermometers werden einstweilen als Thatsachen festgehalten und der späteren Aufklärung vorbehalten bleiben können, wie dies ja auch sonst in der Physik, namentlich im Beginn, vielfach geschehen muss. — 2. In der Chemie haben die Verfasser geglaubt, den Versuch der galvanischen Wasserzerlegung beibehalten zu müssen. Die von den Verfassern als einwurfsfrei bezeichnete Wendung — „da nach längerer Zeit die Menge des Wassers, nicht aber die der Schwefelsäure sich vermindert, so schliessen wir, dass *H* und *O* dem Wasser entnommen seien" — ist nur geeignet, die Schüler zu beruhigen, wird aber im Leitfaden selbst an späterer Stelle berichtigt. Zumal bei der kurzen Zeit von $2^1/_2$ Monaten, die dem chemischen Unterricht zugewiesen ist, und der reichen Auswahl von auch den Schülern interessantem Stoff sollte man lieber auf solche Versuche, die im Resultat zwar einfach, in der Anordnung wie im Verlauf aber für die Schüler nicht völlig durchsichtig sind, verzichten. Die Zerlegung von CuO durch H ist in induktiver Richtung lehrreicher als die bloss platt sinnenfällige und doch nicht streng aufrecht zu erhaltende ‚Wasserzerlegung'. — 3. Bei den Gesetzen des freien Falls haben die Verfasser die Schwierigkeit, die in der Einführung der Beschleunigung liegt, sehr sinnreich vermieden, indem sie als Maasszahl der Beschleunigung die Länge des Wegstückes einführen, das in jeder folgenden Sekunde mehr zurückgelegt wird als in der vorhergehenden. Diese Lösung ist ohne Frage in usum delphini ganz zweckmässig, aber es darf nicht verschwiegen werden, dass auch bei dieser Darstellung die Feinheit des Galileischen Gedankenganges zerstört wird. Die Fallgesetze erscheinen als das Resultat eines grob empiristischen Verfahrens, während für Galilei die Versuche nur zur Bestätigung eines genial concipierten Gedankenganges dienten. Man sollte eine so hervorragende historische Thatsache wie diese nicht verflachen, indem man sie dem Verständnis von im physikalischen Denken noch ganz Ungeübten anzupassen versucht. Wir wiederholen daher auch bei dieser Gelegenheit die Forderung, dass die Fallgesetze auf die Oberstufe des physikalischen Unterrichts verlegt werden. — 4. Das Hebelgesetz haben die Verfasser in üblicher Weise durch einen Versuch demonstriert und zur Erklärung die Zusammensetzung paralleler Kräfte anmerkungsweise behandelt (vergl. den Leitfaden von Krist, *d. Zeitschr. VI. 317*). Der Versuch einer solchen Zurückführung erscheint uns nicht zweckmässig; lehrreicher ist es wohl, wenn der Satz von der Proportionalität des Moments mit der Länge des Hebelarms deutlich zum Bewusstsein gebracht und daraus das allgemeine Hebelgesetz gefolgert wird. Die Zusammensetzung paralleler Kräfte würde, wenn man darauf überhaupt eingehen will, viel besser als eine Erweiterung der Hebelgesetze vorgeführt werden (wie bei Mach). Überhaupt aber ist für die Unterstufe noch gar nicht das Bedürfnis vorhanden, die erkannten Gesetze auf das allgemeinste Prinzip zurückzuführen. Auch ist es nicht ausgemacht, dass die Zusammensetzung paralleler Kräfte ein fundamentaleres Prinzip als das Hebelprinzip ist (vergl. Dühring, Prinz. der Mechanik).

Mit diesen Bemerkungen sollen einige Punkte bezeichnet sein, über die die Diskussion noch nicht geschlossen ist und die auch in dem vorliegenden Leitfaden noch keine endgültige Behandlung gefunden haben. Dass der Leitfaden im übrigen die grösste Beachtung aller Fachmänner verdient, braucht nach dem zuvor Gesagten kaum ausdrücklich hervorgehoben zu werden.

P.

Leitfaden der Physik für den Anfangsunterricht. Von Dr. P. Kindel. Breslau, Ferd. Hirt 1893. 125 S. M. 1,25.

Wie aus dem Titel hervorgeht, ist der vorliegende Leitfaden für die Unterstufe bestimmt. Nach einleitenden Worten über die Einteilung der Naturwissenschaften (§ 1) werden die sogenannten allgemeinen Eigenschaften der Körper als „Allgemeine Naturlehre" (§§ 2—5) der eigentlichen „Physik" (§§ 6–132) gegenübergestellt. Im ganzen beabsichtigt der Leitfaden „die Grundbegriffe und die wichtigsten Lehrsätze der Physik in gedrängter Kürze und leicht verständlicher Form" zu entwickeln. Gedrängte Kürze und leicht verständliche Form sind indessen zwei Dinge, die sich gegenseitig stark einschränken, wenn nicht ausschliessen. Das erstere ist dem Verfasser wohl gelungen; es ist auf den 122 Seiten ein sehr reichhaltiger Stoff in einer Weise geboten, die gewiss von wissenschaftlichem Können und wissenschaftlicher Strenge zeugt. Andererseits sind aber wichtige methodische Grundsätze, besonders der der möglichsten Einfachheit und Klarheit öfters nicht genügend zum Ausdruck gekommen. Auch die Auswahl des Stoffes erscheint an mehreren Stellen zu reichlich bemessen; so sind die Ausführungen über die Atwoodsche Fallmaschine, unter Hinzufügung der Formeln (§ 10), über die gleichförmige Kreisbewegung (§ 24), über die Construktion der Linsenbilder (§ 63, 64), über die Meteorologie (§§ 88—92) u. a. ganz oder teilweise zu weitgehend. Wenn den Verfasser hierbei auch der Wunsch geleitet haben mag, dass der Unterricht auf all diese durchaus wissenswerten Dinge nicht verzichten möchte, so musste doch die Thatsache, dass dem physikalischen Anfangsunterricht bis jetzt nur 2 Stunden in etwa 2 Semestern zugeteilt sind, in erster Linie maassgebend sein.

Die leicht verständliche Form können wir, wie schon angedeutet, dem Leitfaden nicht zugestehen. Sowohl die Definitionen als auch die Diktion im Ganzen sind für den Standpunkt eines Tertianers und Sekundaners vielfach zu hoch. (Man vergleiche hierzu die noch viel zu wenig beachteten Ausführungen von E. Mach in *dieser Zeitschrift IV 1* über das psychologische und logische Moment im physikalischen Unterricht.) Zum Teil rührt dies daher, dass nicht genügend vom einzelnen, genau gekennzeichneten Versuch ausgegangen wird, eine rationell-induktive Methode somit nicht ausreichend zur Anwendung gelangt.

Im einzelnen sei noch folgendes bemerkt: Die Erklärung „ein Raum heisst um so dichter, je mehr Masse er enthält“ (S. 10) ist zu beanstanden; Fig. 17 ist als Modell einer Dezimalwage — das sie doch wohl darstellen soll — ungenau; die Atomgruppe SO_4 ohne weiteres als „Sulfat“, ebenso NO_3 als „Nitrat“ zu bezeichnen (S. 101) ist unzulässig; das jetzige ā hat nicht 440 sondern 435 Schwingungen; die Definition der Arbeit — „das Produkt aus der wirksamen Componente einer Kraft und dem Wege ihres Angriffspunktes heisst Arbeit“ — ist als erste Einführung in diesen Begriff nicht einfach genug, ebenso die Erklärung (§ 11) „Eine Kraft (δυναμις) heisst 1 Dyn, wenn sie auf 1 g Masse eine Sekunde lang in ungeänderter Richtung wirkend diese Masse aus der Ruhe in solchen Bewegungszustand bringt, dass vermöge desselben in jeder Sekunde ein Centimeter durchlaufen wird“; eine gewisse Inconsequenz enthält der Satz (§ 10) „die Beschleunigung auf der schiefen (reibungsfreien) Ebene ist gleich der des freien Falles multipliziert mit dem Sinus des Neigungswinkels,“ denn hier werden, wie noch an einigen andern Stellen in der „Mechanik,“ — welche doch unzweifelhaft zum Pensum der O III gehört, — die goniometrischen Funktionen herangezogen, die planmässig erst im mathematischen Pensum der U II zur Behandlung gelangen.

Als sehr zweckmässig ist anzuerkennen, dass bei den meisten Gesetzen der historische Ursprung berücksichtigt worden ist. — Eine Chemie und Mineralogie ist dem Leitfaden nicht beigegeben. *O. Ohmann, Berlin.*

Dr. K. Sumpfs Anfangsgründe der Physik. 6. verbesserte Auflage, bearbeitet von Dr. A. Pabst. 144 S. M. 1,50. Der Anhang über Chemie ist besonders zu haben; 24 S. M. 0,25.

Die Eigentümlichkeiten und Vorzüge der Sumpfschen Lehrbücher sind in dieser Zeitschrift wiederholt gewürdigt worden, so dass es eines Eingehens auf die ganze Anlage und die Stoffbehandlung der „Anfangsgründe“ wohl nicht bedarf. Die Verdienste, die sich der Verfasser, welchen ein unerwartet schneller Tod am 24. Juli 1892 aus seiner Thätigkeit riss, um die Methodik des physikalischen Unterrichts erworben hat, werden auch in dieser Zeitschrift nicht vergessen werden.

Den Bearbeiter der neuen Auflage hat die Absicht geleitet, alle tiefer eingreifenden Änderungen zu vermeiden. So gerechtfertigt dies im allgemeinen erscheint, so hätten wir doch in einer Hinsicht eine Abweichung gewünscht, nämlich eine bestimmte Stellungnahme zu der durch die letzten Lehrpläne geschaffenen neuen Lage der Dinge bezüglich der Ober- und Unterstufe. Die Sonderung des Stoffes nach zwei Stufen war ja von jeher ein Charakteristikum der „Anfangsgründe“, indessen geschah sie zu einer Zeit, als über den Zeitumfang des Anfangskursus noch keine maassgebenden Verfügungen erlassen waren, als man z. B. mehrfach nur das zweite Halbjahr der U II zu einem propädeutischen Kursus verwandte. Eine Revision des Buches mit Rücksicht auf die Lehrpläne von 1892 hätte vielleicht ergeben, dass das eine oder das andere der von Sumpf aus der Unterstufe ausgeschiedenen Kapitel ganz oder teilweise wieder einzubeziehen wäre — als ein Beispiel sei nur „der Gewichtsverlust fester Körper in Flüssigkeiten“ (das archimedische Prinzip, § 31) erwähnt. Hiermit war nicht einmal eine Umgestaltung des Stoffes selbst verknüpft; äusserlich konnten die Abänderungen des Bearbeiters gegebenenfalls durch ein Einklammern des Sumpfschen Sternchens gekennzeichnet werden. Für diese, nicht ganz einfache Revision lagen wertvolle Fingerzeige in den mannigfachen, den Stoffumfang der Unterstufe behandelnden Aufsätzen neuesten Datums vor, besonders auch in den bezüglichen Ausführungen dieser Zeitschrift. Durch die kleingedruckte, hinter dem Inhaltsverzeichnis befindliche „Bemerkung“ des Bearbeiters: „die mit einem Stern versehenen Paragraphen können bei einer etwaigen Verteilung des Unterrichtsstoffes auf zwei Lehrstufen der zweiten Stufe überwiesen werden“, ist aber die Schwierigkeit nicht gehoben, sondern umgangen. Wir gestehen, diese unbestimmte „Bemerkung“ scheint uns nicht im Sumpfschen Geiste abgefasst zu sein.

Im übrigen sind die Änderungen des Bearbeiters durchaus zweckentsprechende; an verschiedenen Stellen ist der Ausdruck klarer gefasst, einzelne Aufgaben des „Übungsstoffes“ sind passend zusammengefügt, getrennt oder sonstwie geändert. So ist das Zustandekommen der Schallempfindung (S. 59) deutlicher und etwas eingehender dargestellt, nur sollte der zweite Satz daselbst mit „Gehörknöchelchen“ abschliessen, da die noch folgenden Worte wieder das Verständnis beeinträchtigen. Beim „Auge“ (§ 54) ist der blinde Fleck angefügt; hierzu wäre auch die bekannte instruktive Zeichnung erwünscht gewesen. Auffällig ist, dass die Schwingungszahl des eingestrichenen a („440 Doppelschwingungen“) noch nicht durch die Normalschwingungszahl 435, oder wie gewöhnlich 870 einfache Schwingungen ersetzt ist. § 84 („Induktion“) trägt im Text ein Sternchen, im Inhaltsverzeichnis nicht; welches soll gelten?

Der besonders verausgabte Anhang „Chemie“ behandelt in 16 Paragraphen die einfachsten Grundbegriffe an einzelnen, ausgewählten Körpern: in § 1 Wasser, Wasserstoff und Sauerstoff, § 2 Kohle, § 3 Schwefel und Phosphor u. s. w., nach den Wilbrandschen Grundzügen der Chemie. Bei aller Anerkennung der Vorzüge dieser kleinen „Chemie“ muss Ref. doch zwei Bedenken zum Ausdruck bringen. Wenn die chemischen Grundbegriffe gelehrt werden sollen, so handelt es sich um eine doppelte Aufgabe: einmal um die Übermittelung einer bestimmten Kenntnis, nämlich der ausgewählten chemischen Elemente und ihrer Verbindungsweisen, und zweitens um die Darlegung und scharfe Betonung der bei der chemischen Verbindung auftretenden Gesetzmässigkeiten. Die sichere Unterscheidung zwischen chemischen und physikalischen Vorgängen, die begleitenden Wärmeerscheinungen bei den chemischen Prozessen, vor allem aber die bedeutungsvolle Regelmässigkeit der Gewichtsverhältnisse bei der chemischen Vereinigung — dies u. a. sind Momente, welche die Stellung der Chemie als eines selbständigen Lehrgegenstandes neben der Physik, als einer Ergänzung derselben, überhaupt begründen. Auf diese zweite Aufgabe ist nun in der vorliegenden „Chemie“ zu wenig Rücksicht genommen. Das Gesetz der Verbindungsgewichte, das Hauptgesetz der Chemie, fehlt; in Folge dessen auch die chemische Zeichensprache, die chemische Formel. Es könnte vielleicht geltend gemacht werden, die chemische Zeichensprache gelange erst durch die Atomtheorie, deren Darstellung gewiss ihre Schwierigkeiten für diese Stufe hat, zur vollen Klarheit; nun ordnen aber die neuen Lehrpläne für die Oberstufe eine Wiederholung der chemischen Grundbegriffe an, welche gewiss nicht in einem blossen Memorieren des Dagewesenen, vielmehr in einem erneuten und erweiternden Eingehen besonders auf die chemischen Gesetze bestehen soll. Sollen auch hier diese Dinge nicht zur Sprache kommen, der Abiturient also die Durchsichtigkeit, welche die molekulare Vorstellungsweise von den chemischen Vorgängen gewährt, nicht kennen lernen?

Der zweite Punkt betrifft die stiefmütterliche Behandlung der Mineralogie. Nur drei Mineralien, Kalk, Gips, Kochsalz treten einmal in den Vordergrund, werden aber auch in erster Linie vom chemischen Standpunkt aus betrachtet. Die übrigen fehlen entweder ganz oder es ist von ihnen nicht viel mehr als der Name im Zusammenhang mit der chemischen Zusammensetzung genannt; von den Eisenerzen z. B. ist überhaupt keines namentlich erwähnt. Eine eigentliche mineralogische Betrachtung der wichtigsten Mineralien — z. B. des Quarzes, des Diamanten — bei der auch die oftmals so instruktiven physikalischen Eigenschaften der Mineralien erörtert werden, ist nirgends durchgeführt. Ein Einblick in die Bedeutung und das Wesen der Mineralien wird dem Schüler auf diese Weise nicht gewährt. Hinzugefügt sei noch, dass irgend eine Krystallgestalt weder erwähnt noch gezeichnet ist. — Es wäre sehr zu wünschen, dass der Chemie bei einer neuen Auflage nach den angegebenen beiden Richtungen hin eine Verbesserung zu teil würde. *O. Ohmann, Berlin.*

Mach's Grundriss der Physik für die höheren Schulen des deutschen Reiches bearbeitet von Dr. Ferd. Harbordt und Max Fischer. I. Teil: Vorbereitender Lehrgang. Ausgabe für das Gymnasium. Mit 306 Abbildungen. Leipzig, G. Freytag, 1893. VI und 175 S. Geb. M. 2,—.

Die Verfasser haben den 1887 erschienenen, in dieser Zeitschr. *I 40* gekennzeichneten Grundriss von Mach und Odstrcil gemäss den preussischen Lehrplänen von 1891 bearbeitet und den Stoff durch Ausscheidung des ihnen minder wichtig Scheinenden eingeschränkt, auch durch Einteilung der einzelnen Abschnitte in Kapitel mit besonderen Überschriften eine bessere Übersicht hergestellt. Bei der Ausscheidung ist gerade vieles von dem weggeblieben, was die Eigenart des Machschen

Grundrisses ausmacht, namentlich viele wertvolle historische Hinweise. Andrerseits haben Harbordt und Fischer ebensowenig wie die Verfasser der sonstigen neuerdings erschienenen Lehrbücher dieser Art den Muth gehabt, die volle Consequenz der neuen Lehrpläne und der Kürze der in ihnen dem Gegenstand zugewiesenen Zeit zu ziehen; sonst hätten sie, statt hier und da einzelnes behutsam wegzuschneiden, ganze Abschnitte (z. B. Farbenzerstreuung, Wärmestrahlung, aber auch optische Instrumente, Wellentheorie u. a. m.) ausscheiden müssen. Warum will man in den Lehrbüchern den in der Praxis doch unmöglich aufrecht zu erhaltenden Schein wahren, als liesse sich das Unmögliche möglich machen, und bei dem jetzigen Zeitausmass der ganze physikalische Unterkursus auf unseren Schulen im Geiste eines Mach durcharbeiten?

Wenn also bezüglich des Stoffes eine noch viel grössere Beschränkung am Platze gewesen wäre, so hätten wir andererseits, auch abgesehen von den historischen Notizen, manche schönen methodischen Bemerkungen erhalten gewünscht, die die Verfasser mehr aus Rücksicht auf den Raum des Buches als auf die verfügbare Zeit gestrichen haben. Man kann ihnen den Vorwurf nicht ersparen, dass sie mehrfach ohne Respekt vor der didaktischen Einsicht Machs verfahren sind. So fehlt in der Wärmelehre die wertvolle Einleitung über Thermometrie (M. § 35), so ist die wichtige allgemeine Bemerkung über die Unveränderlichkeit des Schmelz- und Siedepunktes (M. § 46) weggeblieben, so sind bei der Resonanz die erläuternden Versuche über das Mitschwingen weggefallen u. a. m. Schlimmer aber ist es, dass an einzelnen Stellen eine völlige Umgestaltung der Machschen Lehrdarstellung stattgefunden hat, und zwar gerade an solchen Stellen, wo das Machsche Buch einen entschiedenen Fortschritt gegen die frühere Behandlung enthielt. Die Entwickelung der Fallgesetze hatte Mach (M. § 148--150) unter Anlehnung an den Galileischen Gedankengang elementar darzustellen gewusst; die Verfasser verwerfen diese Darstellung und geben der herkömmlichen, rein dogmatischen, bloss den Schein des induktiven Verfahrens für sich habenden, den Vorzug. Ähnlich ist es in der Akustik; hier hatten Mach und Odstrcil mit dem Herkömmlichen gebrochen und eine geistvoll durchdachte Darstellung der longitudinalen Wellen in der Luft dargeboten, die Verfasser begnügen sich wieder damit, den Vorgang durch die Seilwellen zu versinnlichen, deren Analogie mit dem Wechsel von Verdünnung und Verdichtung dem Schüler unverständlich bleiben wird. Wir würden beide eben erwähnte Abschnitte ganz aus dem Unterkursus streichen; wollte man sie aber beibehalten, so hätte man in einem Machs Namen tragendem Buche dessen Methodik nicht verlassen sollen.

Eine andere von den Verfassern vorgenommene Änderung dagegen verdient Anerkennung. Sie haben gemäss der in den letzten Jahren zur Geltung gelangten Einsicht die contaktelektrischen Versuche aus dem Galvanismus entfernt und dafür das Voltasche Element nebst den constanten Ketten an den Anfang gestellt. Leider aber haben sie unterlassen, einen Versuch für den Nachweis der freien Elektrizität an den Polen der offenen Kette anzugeben. Die Zufügung einer Beschreibung des Vertikalgalvanoskops ist zu billigen, da das Instrument wohl allgemein im Unterricht verwendet wird; dagegen ist die Zufügung eines Abschnittes über Akkumulatoren wieder eine der unheilvollen Conzessionen an die unbestimmte und im strengen Sinn unerfüllbare Forderung der Lehrpläne „ein möglichst abgerundetes Bild der wichtigsten physikalischen Lehren mit in das Leben zu geben."

Den Abschnitt von den chemischen Erscheinungen haben die Verfasser völlig neu bearbeitet. Sie haben dabei vieles von dem benutzt, was neuerdings in methodischer Hinsicht zu Tage gefördert worden ist. Im Theoretischen ist auch hier, wie so oft, zu hoch gegriffen; die Begründung der Verbindungsgesetze durch die Volumverhältnisse der Gase wird schon für Realgymnasien verworfen (d. Zeitschr. *VI. 208* und *320*); mit noch mehr Recht wird dies für Gymnasien geschehen müssen. Eine Krystallographie mit 47 Figuren überschreitet gleichfalls das Maass des Möglichen, selbst wenn, wie nur an wenigen Anstalten geschieht, auf Chemie und Mineralogie zusammen $^3/_4$ Jahr verwendet werden. Auch hier der Schein einer Leistung, dem die Wirklichkeit nimmermehr entsprechen kann, und der in diesem Falle auch nicht durch den Vorwand entschuldigt werden kann, man dürfe im Lehrbuch manches bieten, was nur für die Selbstbelehrung der Schüler bestimmt sei; denn die vorgeführten Krystallformen sagen dem Schüler wenig oder nichts, wenn sie nicht vom Lehrer aufs gründlichste erläutert werden.

Wir sind nach allen diesen Einwendungen dem Buche die Erklärung schuldig, dass es gleichwohl ebenso gut wie die anderen bisher aufgetretenen Leitfäden für den Unterricht brauchbar sein wird, und dass es mit dem Machschen Originale noch vielfach die diesem eigentümlichen Vorzüge der Exaktheit und Anschaulichkeit gemein hat. Eine Ausgabe des Grundrisses für Realschulen unterscheidet sich von der vorliegenden dadurch, dass der chemische Abschnitt weggelassen, dafür der astronomisch-meteorologische Abschnitt aus Machs Buch beibehalten ist.

P.

Programm-Abhandlungen.

Erklärung der Erscheinungen der Lichtbeugung und mathematische Behandlung einer Reihe gleichartiger Beispiele. Von Emil Kalthoff. Ober-Realschule zu Elberfeld. Ostern 1893. Pr. No. 498. 22 S. u. eine Figurentafel.

Im Anschluss an das bekannte Lehrbuch der Experimentalphysik von Wüllner, I. 604 ff., II. 440. ff., wird das Huygenssche Prinzip hergeleitet und das Wesen der Beugungserscheinungen erörtert. Sodann werden die Fraunhoferschen Erscheinungen sowohl unter der Voraussetzung, dass die beugende Öffnung ein Rechteck ist, als auch unter der allgemeineren Annahme, dass mehrere ebene, in derselben Ebene liegende, parallele und gleiche rechteckige Öffnungen vorhanden sind, eingehender untersucht. Der Verfasser unterlässt es, die Stellung seiner Arbeit zu den Leistungen anderer Gelehrten auf diesem Gebiete zu erörtern; er beschränkt sich darauf, beiläufig die Namen Grimaldi, Young, Fresnel, Fraunhofer und Schwerd zu erwähnen. Volkmann behauptet in der Einleitung zu seinen Vorlesungen über die Theorie des Lichtes, dass in der Behandlung der Beugung ein Anschluss an die Darstellung Kirchhoffs gegenwärtig nicht vermieden werden könne. Der Verfasser aber scheint nicht dieser Ansicht zu sein. Das ist für seine Abhandlung keineswegs vorteilhaft gewesen. *Hahn-Machenheimer.*

Über die Abhängigkeit der magnetischen Hysteresis, der Magnetisierbarkeit und des elektrischen Leitungsvermögens des Eisens und des Nickels von der Temperatur. Von Wilhelm Kunz. Grossh. Ludwig-Georgs-Gymnasium zu Darmstadt. Ostern 1893. Pr. No. 625. 43 S. u. eine Figurentafel.

Der Verfasser veröffentlicht hier die Ergebnisse einer Reihe von Versuchen, die er im Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule zu Darmstadt gemacht hat. Die Abhängigkeit der Magnetisierbarkeit und des elektrischen Leitungsvermögens der genannten Stoffe von der Temperatur war bereits früher von anderen Beobachtern untersucht worden, jedoch sind hier die Versuche nach teilweise anderer Methode durchgeführt worden. Über die Abhängigkeit der Hysteresis von der Temperatur jedoch lagen noch keine Angaben vor. Von den Ergebnissen, die in Tabellen und Diagrammen dargestellt sind, mögen hier hervorgehoben werden: Die Hysteresis, d. h. die von einem magnetischen Kreisprozess verzehrte Magnetisierungsarbeit nimmt für weiches Eisen bei beliebiger Amplitude dieser Kreisprozesse mit steigender Temperatur ab. Für Stahl findet anfänglich eine geringe Zunahme, dann bei ungefähr 300° C. zunächst eine sehr rasche, später eine langsamere Abnahme der Hysteresis statt. Für Nickel nimmt dagegen die Hysteresis mit zunehmender Temperatur anfangs rasch, dann langsam ab. Während sich für Stahl und Nickel einfache Beziehungen zwischen Hysteresis und Temperatur nicht auffinden liessen, ergab sich für die untersuchten weichen Eisensorten, bei beliebigen Grenzwerten der Induktion, für die Abhängigkeit der Hysteresis von der Temperatur die lineare Gleichung: $\mathfrak{H} = a - bt$. Die Constanten dieser Gleichung sind für verschiedene Eisensorten verschieden; sie sind ferner abhängig von der gewählten grössten Induktion. — An der schönen Arbeit sind die durchsichtige Darstellung, die eingehende Berücksichtigung der einschlagenden Litteratur und die genaue Angabe der Beobachtungsmethoden, der Apparate, der Versuchsanordnung und der Berechnung der Ergebnisse lobend hervorzuheben. *Hahn-Machenheimer.*

Über die Entwicklung des chemischen Unterrichts. Von Dr. Eduard Wickel. Städt. Oberrealschule zu Wiesbaden. Ostern 1893. 24 S. Pr. No. 421.

Die Abhandlung holt etwas weit aus, indem sie auf den ersten 7 Seiten einen Überblick über die Geschichte der Chemie bis Lavoisier bietet. Dann werden die Verdienste von Liebig und Wöhler um die Förderung des Studiums der Chemie auf Universitäten und um die Begründung chemischer Laboratorien eingehend gewürdigt. Dann berichtet der Verfasser über die Schwierigkeiten, unter denen der naturwissenschaftliche und im besondern der chemische Unterricht an den Gymnasien eingeführt worden ist, und giebt Genaueres über die Entwicklung an, die der chemische Unterricht an der 1857 gegründeten h. Bürgerschule (jetzt O.-R.) zu Wiesbaden erfahren hat. Er skizziert endlich die methodischen Lehrgänge von Arendt und von Wilbrand, empfiehlt besonders den letzteren wegen des streng durchgeführten induktiven Verfahrens, und hat den an diese Methode sich anschliessenden Leitfaden von Levin als brauchbar für den Anfangsunterricht befunden. Dass die neuesten Lehrpläne mit ihrer Forderung eines „gewissen Abschlusses“ der chemischen Kenntnisse in Untersekunda eine „gewisse Richtschnur“ für die Methodik des chemischen Unterrichts gegeben hätten, kann jedoch dem Verfasser nicht zugegeben werden. (Man vgl. das *VI 105* über den Levinschen Leitfaden Gesagte.) *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

Zweite Versammlung in Berlin am 4., 5. und 6. April 1893.[1])

In der ersten allgemeinen Sitzung sprach Herr Schwalbe über den Bildungswert der Naturwissenschaften im Vergleich mit dem der fremden Sprachen:

Schon zu der Zeit, als der Klassizismus die Schulen vollständig beherrschte, wurden Zweifel erhoben, ob in der That den fremden Sprachen ein so hoher Bildungswert beizumessen sei, wie von humanistischer Seite behauptet wurde, ob es nicht überhaupt zweckentsprechender und für die Ausbildung der Jugend förderlicher sei, die Realien als Ausgangspunkt zu nehmen. Diese Forderungen wurden abgelenkt nach der falschen Richtung, die Realien, insbesondere die Naturwissenschaften nicht ihres allgemein bildenden Wertes wegen als Bildungsgegenstand zu benutzen, sondern ihnen nur Wert für das praktische Leben zuzuerkennen. So wurden die Schulen, welche diese Vorbereitung mit berücksichtigten, von vornherein als Fachschulen angesehen und hingestellt, und die linguistischen Fächer gewannen in den allgemeinen Bildungsschulen, als welche die Gymnasien anzusehen waren, so die Oberhand, dass der Glaube sich festsetzte, nur die Sprachen und damals die klassischen Sprachen wären imstande, Verstandesbildung zu geben und die Jugend so vorzubereiten, dass sie im späteren Leben zu allen Fächern geschickt wäre. Unterstützt wurde diese Annahme durch den dilettantischen Unterricht der Philanthropisten in den Realien und die Überschätzung der logischen Schulung, welche damals allein durch die Grammatik gegeben werden konnte. Inzwischen hat man allgemein zugegeben, dass diese Methode der grammatischen Schulung nicht die richtige ist, und dass auch die neueren Sprachen nicht diesen Weg einschlagen dürfen. Die Naturwissenschaften sind vollständig imstande, für die Bildung alles das zu leisten, was die Spracherlernung zu leisten vermag, wenn auch auf anderem aber ebenso gutem Wege und mit einem Inhalte, der dem sprachlichen ebenbürtig ist. Die Momente, welche bei jeder Jugendbildung des Einzelnen wesentlichen Einfluss haben, der Lehrer, die individuelle Befähigung und die häusliche und soziale Umgebung, schliessen allgemeine Gesetzmässigkeiten aus, ein Vergleich lässt sich nur ziehen, wenn die angeführten Bedingungen als gleichliegend angenommen werden. Auch kann man die Frage nicht durch beliebig festgestellte Definitionen von Bildung, welche den einen oder den anderen Gegenstand als unbedingtes Kriterium für die Bildung fordern, wie dies für das Griechische in Anspruch genommen ist, entscheiden wollen. Ebensowenig kann die Erfahrung herangezogen werden, da den Naturwissenschaften in Deutschland nirgends eine Stellung im Jugendunterricht gegeben ist, dass ihr Bildungswert sich ganz zeigen konnte. Die Untersuchung muss sich auf die Frage erstrecken, ob die Naturwissenschaften für die Denkbildung, die Verstandes-, Gemüts- und ethische Bildung den Sprachen gleichwertig sind. Die induktive Methode, welche die Naturwissenschaften benutzen, ist der sprachlichen, deduktiven Methode bedeutend überlegen, da sie viel mehr die geistige Thätigkeit in produzierender Weise in Anspruch nimmt. Ausserdem wird, wenn durch Induktion die allgemeinen Gesetze gewonnen sind, die deduktive Methode berücksichtigt und in ihrer Eigentümlichkeit benutzt. Der Versuch, die Sprachen induktiv lehren zu wollen, wird deshalb nicht dasselbe auf diesem Wege leisten, wie es die Naturwissenschaften bei grösserer Verwertung leisten könnten, weil sich die Gegenstände der Naturwissenschaften weit besser zum Ausgangspunkte der Schlussfolgerungen eignen als der Satz. Der Stoff ist weit mannigfaltiger, fesselnder und nimmt neben der sinnlichen Beobachtung die Denkthätigkeit ebenso in Anspruch, wie der sprachliche. Überdies führt der Sprachunterricht nur zur Rezeptivität und Reproduktion, während die Naturwissenschaften die Eigenthätigkeit der Jugend in hohem Maasse beanspruchen. Die Gegenstände, an welchen sich der naturwissenschaftliche Unterricht aufbaut, sind dem jugendlichen Geiste fasslicher und näher liegend, als der Inhalt der Anfangssätze in den einzelnen Sprachen, der zusammenhanglos sich vielfach auf Verhältnisse erstreckt, welche der Schüler garnicht verstehen kann, andererseits aber oft trivial und gleichgültig ist. Zahlreiche Beispiele aus den gebräuchlichen fremdsprachlichen Übungsbüchern für den Anfangsunterricht belegen dies. Der Bildungsinhalt der Naturwissenschaften ist ein so umfangreicher, ein so wichtiger in diesem Jahrhundert geworden, dass ein Verständnis der modernen Kultur ohne naturwissenschaftliche Bildung nicht möglich ist. Die Litteraturen der fremden Völker können durch gute Übertragungen in die Muttersprache zugänglich gemacht werden, das naturwissenschaftliche Verständnis nur durch eingehenden guten Unterricht, der von der Anschauung, vom Experiment

[1]) Nach dem von R. Heyne in Berlin verfassten, für die Mitglieder des Vereins gedruckten Bericht (vgl. auch Krummes Archiv 1893, Heft 9 und 10).

ausgeht. Auch hier haben die Sprachen in neuester Zeit dem naturwissenschaftlichen Unterricht Anregungen entnommen, indem darauf gedrungen wird, die Realien in dem Sprachunterricht zu berücksichtigen. Dies kann aber nur in geringem Umfange geschehen, da die Lehrkräfte in den Sprachen oft nicht die ausreichenden Kenntnisse in den Realien besitzen, um dieselben erklären oder treiben zu können, und weil der sprachliche Unterricht selbst seinem Hauptzweck, die Sprache zu lehren und lernen zu lassen, nicht entfremdet werden darf.

Der Bildungsinhalt der Naturwissenschaften vermag in hohem Grade auf Gemüt und Charakter, überhaupt ethisch zu wirken. Das ethisch religiöse Gefühl wird durch die Kenntnis der Naturwissenschaften gestützt und gepflegt, wie sich an der Astronomie leicht darthun lässt. In der Beobachtung liegt ein grosser Antrieb zur Wahrheitsliebe, der Aberglaube verliert seine Wirkung nur durch fortschreitende naturwissenschaftliche Erkenntnis. Sie giebt einen Antrieb zur Selbstthätigkeit und zum Selbstschaffen. Der Naturgenuss, den die Naturwissenschaften vermitteln, vermag dem Andringen anderer Genüsse, die dem jugendlichen Alter so nachteilig sind, entgegenzuarbeiten und steht höher als die meisten Genüsse und Freuden, die dem früheren jugendlichen Alter geboten werden.

Die Naturwissenschaften greifen ausserdem in fast alle Wissensgebiete über, gestatten Anknüpfungen an kulturhistorische Entwickelung, geben in den Lebensbildern grosser Forscher ähnliche Ideale, wie die Geschichte in denen grosser Fürsten und Feldherrn es thut. Sie stehen mit der Hygiene, mit der industriellen Thätigkeit der Jetztzeit im engsten Zusammenhang und werden so vor einseitiger Nichtachtung der praktischen Berufe bewahren.

Um aber diesen hohen Bildungswert zur Auswertung zu bringen, bedarf es einer anderen Stellung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Er soll den Sprachunterricht nicht verdrängen, aber ihm ebenbürtig gestellt werden. Ferner sind dazu, was noch lange nicht erreicht ist und auch für die jetzige Stellung dieses Unterrichts gefordert werden muss, Lehrer erforderlich, die den Stoff beherrschen. Einem Lehrer Unterricht in einer fremdem Sprache anvertrauen, die er nie getrieben hat, in der Hoffnung, dass er sie erlernen wird, erscheint undenkbar, aber dass experimenteller Unterricht Jemandem übergeben wird, der nie ein Experiment ausgeführt hat und den Stoff nur notdürftig beherrscht, ist nach der heutigen Sachlage nicht ausgeschlossen. Das vielfach gedankenlos gebrauchte Schlagwort „Fachlehrer, Fachlehrertum“ droht den jetzt bestehenden naturwissenschaftlichen Unterricht in seiner Weiterentwicklung zu schädigen. In anderen Kulturländern ist die Überzeugung von dem grossen Bildungswerte der Naturwissenschaften weiter und tiefer verbreitet, wie die Bestrebungen von Huxley, Playfair, Siemens etc. zeigen. Nach und nach macht man dem modernen Kulturelement Zugeständnisse Will man von einem naturwissenschaftlichen Zeitalter sprechen, so ist dies nur dann möglich, wenn naturwissenschaftliche Kenntnis Gemeingut aller Kreise geworden ist. —

Hierauf sprach Herr F. Pietzker (Nordhausen) über die Verteilung des Lehrstoffes für den mathematischen Gymnasialunterricht auf zwei Stufen:

Den Grundgedanken der neuen Lehrpläne, die Einrichtung von zwei Stufen des Unterrichts, bezeichnet er als einen ihm aus psychologischen wie praktischen Gründen sympathischen. Was die Unterstufe betreffe, so müsse hier von allen spezifisch wissenschaftlichen Erörterungen ausdrücklich abgesehen werden, wodurch aber keineswegs bedingt sei, dass der Unterricht zu einer rein mechanischen Einprägung praktisch verwertbarer Kenntnisse entarten solle, im Gegenteil solle überall auf das innere Verständnis hingearbeitet werden, wie es auf dem Boden der Anwendung des allgemeinen gesunden Menschenverstandes zu erzielen sei. Als Ziel des mathematischen Unterrichts sei hinzustellen die Erziehung zu der Gewohnheit, in den Erscheinungen und Vorgängen der Umgebung das Quantitative herauszuerkennen, nicht als ob dies an den Dingen das Wesentliche sei, sondern in vollem Bewusstsein dafür, dass diese quantitative Erfassung der Dinge die Erkennung des Wesens derselben erleichtere. Dazu aber sei erforderlich, dass in den Pensen der einzelnen Klassen überall das innerlich zusammenhängende auch äusserlich in eine die Pflege dieses Zusammenhanges ermöglichende Verbindung gesetzt werde. Nur so werde auch in den besser beanlagten Schülern ein Bedürfnis nach wissenschaftlicher Vertiefung und Erweiterung ihres Wissens hervorgerufen, dessen Befriedigung dann eben Sache der Oberstufe sein würde.

Im einzelnen begrüsst der Redner, dass der Uebertreibung in der theoretischen Behandlung der algebraischen Formeln Einhalt gethan ist, und dass die Gleichungen in den Mittelpunkt des arithmetischen Unterrichts gestellt sind; er empfiehlt, namentlich die Anwendungen möglichst vielfältig heranzuziehen und recht früh die Gleichungen mit mehreren Unbekannten vorzunehmen.

Dagegen erkennt er den Gleichungen des zweiten Grades für diese Stufe keinen Nutzen zu. Ebenso wenig hält er die Logarithmenrechnung auf der Unterstufe für angebracht. Da die Erweiterung des Potenzbegriffes und die Begründung der Logarithmengesetze nicht gründlich behandelt werden könne, so bleibe nur eine mechanische Dressur übrig, die als Bildungsmittel keinen Wert in Anspruch nehmen könne. In der Geometrie würde die Forderung der Lehrpläne, lebendiges verwendbares Wissen zu schaffen, dahin führen, in der Herleitung der geometrischen Sätze auf der Unterstufe in immer grösseren Umfange die Begriffe der neueren Geometrie zu verwenden. Dass die Ähnlichkeitslehre der O. III zugewiesen werde, sei nicht zweckmässig, besser würde statt dessen die Berechnung der einfachen Körper auf diese Klasse verlegt, wo sie an der Flächenberechnung der Figuren ihren natürlichen Anknüpfungspunkt fände. Dadurch würde der Lehrplan sowohl der O. III wie der U. II mehr Halt und Zusammenhang bekommen. Der trigonometrischen Berechnung rechtwinkliger Dreiecke in U. II spricht der Vortragende gleichfalls die Berechtigung ab und glaubt, dass der von den neuen Lehrplänen erreichte Zweck durch Ausscheidung der beanstandeten Partieen und teilweise anderer Gruppierung des übrig bleibenden Stoffes noch sicherer erreicht werden würde.

Für die Oberstufe sei der Weglassung der Kettenbrüche und der diophantischen Gleichungen zuzustimmen; um so mehr sei von dem verbleibenden Lehrstoff eine Behandlung zu fordern, die mit der Erweiterung zugleich eine Vertiefung des Wissens, eine Verstärkung und Verinnerlichung der Erkenntnis bilde. Dazu sei geboten, die Geometrie in O. II im Sinne der neueren Geometrie zu fixieren und reicher auszugestalten, als die Lehrpläne anordneten. Auch in O. I sollte im Mittelpunkte des abschliessenden Unterrichts eine gründlichere Befassung mit den Kegelschnitten stehen, auf deren elementarsynthetische Behandlung die projektivische Herleitung der Kegelschnittseigenschaften (in Poncelet'scher Art) zu folgen hätte. In der Stereometrie will er auf die constructive Behandlung den Hauptwert gelegt wissen. In der Arithmetik hält er mehrere Verschiebungen für nöthig, um die Pensa der einzelnen Klassen einheitlicher zu gestalten. Im Anschlusse an die Trigonometrie in U. I wünscht er die einfachsten Sätze der sphärischen Trigonometrie und die Elemente der astronomischen Geographie gelehrt zu sehen, wodurch sich zugleich eine Verbindung von Stereometrie und Trigonometrie auf dieser Stufe ergeben würde. Der binomische Satz sei auf die Syntaktik zu gründen und auf negative und gebrochene Exponenten auszudehnen, und daran anknüpfend die Schüler mit einigen wichtigen transcendenten, zur Berechnung von log, sin, cos, arctg und π dienenden Reihen bekannt zu machen.

Eine Verteilung des Lehrstoffs nach diesen Gesichtspunkten würde nicht nur die Erlangung eines in sich zusammenhängenden mathematischen Wissens in höherem Grade verbürgen, sondern auch dazu mitwirken, den inneren Bildungswert der Mathematik zu vollerer Geltung zu bringen. Seine volle bildende Kraft entfaltet der mathematische Unterricht erst in den Anwendungen, diese seien daher auf jeder höheren Stufe mehr in den Vordergrund zu rücken. Man habe hierbei fortwährend Anlass, auf die verschiedensten Lebensverhältnisse, auf die geschichtliche Entstehung unserer Kultur und Ähnliches einzugehen, auch zur Kunstwissenschaft, zur Sozialpolitik und zu gewissen Erkenntnisfragen böten sich Anknüpfungen dar. Abgesehen von dem sittlichen Moment, das in dem Suchen nach Wahrheit um ihrer selbst willen liege, sei auch an sich die durch den mathematischen Unterricht vermittelte Wahrheit ein erstrebenswertes Ziel. Nicht in dem einzelnen Satz, aber in der ganzen durch die Beschäftigung mit der Mathematik gewonnenen Einsicht liege ein so erhebendes Moment, wie es nur irgend ein sonstiger Bildungsstoff biete. Im besondern bringe auch die Beschäftigung mit der projektivischen Geometrie bei den Schülern eine ganz ersichtliche Wirkung hervor, insofern sie das Bedürfnis einer auf grossen und allgemeinen Gesichtspunkten beruhenden Denkweise erwecke, fördere und pflege. Aus allen diesen Gründen sei dahin zu wirken, dass dem mathematischen, wie dem ganzen exaktwissenschaftlichen Unterricht immer mehr die Bedeutung eines allgemeinen, keinem andern an Wert nachstehenden Bildungsmittels zuerkannt werde. —

In der **Abteilungssitzung für Mathematik** sprach Herr **Schülke** (Osterode) über die Frage: „Sind die Logarithmen notwendig, um in U. II einen Abschluss herzustellen?“ Als leitenden, der psychologischen Entwicklung der Lernenden angepassten Gesichtspunkt stellte der Vortragende diesen auf: Es genügt, wenn die Schüler mit einer möglichst geringen Zahl von Vorkenntnissen alle Aufgaben, wenn auch auf etwas unbequemeren Wege, bewältigen können. Er kam hiernach zu demselben Schluss wie Herr Pietzker, dass die Logarithmen in U. II wegfallen müssen. Er empfahl dagegen die Pflege des abgekürzten Multiplizierens und Dividierens, erläuterte an einem Beispiel ein einfaches auf den Begriff der Proportionalteile gegründetes Verfahren zur Ausziehung der Kubikwurzel und erklärte auch in der Trigonometrie das Rechnen mit dem Werte der Funktionen selber für anschaulicher und wichtiger als die Benutzung der Logarithmen. Er zeigte, dass die Genauigkeit einer von ihm entworfenen, bei Teubner erschienenen Tafel der Funktionswerte (s. Ztschr. f. math. Unterr. 1893) für die Unterstufe völlig ausreicht. Auch für den physikalischen Unterricht würde eine grössere Übung der Schüler im abgekürzten Rechnen segensreich wirken. Von der Verwirklichung seiner Vorschläge erwartete der Vortragende eine Entlastung der Untersekunda bei gleichzeitiger Förderung einer grösseren Rechenfertigkeit. — Bei der Diskussion erklärte sich die Versammlung fast einstimmig für den Wegfall der Logarithmen in der U. II der Gymnasien; in Bezug auf Realschulen sprach man sich von einigen Seiten für die Beibehaltung aus.

Herr Thieme (Posen) sprach über die Einteilung des Winkelgrades und empfahl, von der Einteilung des Winkelgrades in Minuten und Sekunden zur Dezimalteilung überzugehen, auch im Unterricht nur Logarithmentafeln mit dieser Einteilung (Bremiker, Westrick) zu verwenden. Die These des Vortragenden wurde mit grosser Majorität angenommen. — Herr Hellwig (Erfurt) sprach über die Potenz einer Graden in Bezug auf einen Kegelschnitt. — Herr A. Richter (Wandsbek) machte im Anschlusse an einen in Braunschweig gefassten Beschluss *(d. Zeitschr. V 107)* Vorschläge über einen dementsprechenden Aufbau des Systems der Schulmathematik und die zu wählenden Übungsbeispiele. Bei der Begründung seiner Thesen gestand er zu, dass dem mathematischen Unterricht seine volle Selbständigkeit gewahrt bleiben müsse, er dürfe nicht ausschliesslich um unmathematischer Zwecke willen erteilt werden, es sei nicht seine eigentliche Aufgabe, dem physikalischen Unterricht die Hilfsmittel bereit zu stellen, auch dürfe er nicht lediglich um der formalen Bildung willen erteilt werden. Für die Einfügung der aus der Wirklichkeit entnommenen Beispiele wurden drei Arten empfohlen: beim systematischen Unterricht, nach dessen Absolvierung, und bei den schriftlichen Prüfungen. Die Diskussion und Beschlussfassung über die Vorschläge des Vortragenden wurde auf die nächste Jahresversammlung vertagt. —

In der Abteilungssitzung für Mathematik und Heimatskunde sprach Herr Gusserow (Berlin) „über die Behandlung der kubischen Gleichungen im Unterricht", und schlug an Stelle der üblichen Herleitung der Cardanischen Formel vor, nach Analogie der Lösung quadratischer Gleichungen entweder die auf Null reduzierte Normalform in Faktoren aufzulösen, deren jeder gleich Null werden kann, oder die kubische Ergänzung (nach Analogie der quadratischen Ergänzung) suchen zu lassen. — Herr Koppe (Berlin) sprach „gegen die übliche Behandlung der Logarithmen", anschliessend an seine Abhandlung im Programm des Andreas-Realgymnasiums zu Berlin 1893.

Derselbe sprach über „astronomische Karten für geozentrische Planetenbahnen und Finsternisse": — „Die Lehren der mathematischen Geographie oder Astronomie werden noch vielfach als toter Gedächtnis- und Formelkram auf den Schulen behandelt. Die höchsten und letzten Gesetze werden unvermittelt mitgeteilt, ohne von den angeschauten Erscheinungen eine Brücke zu diesen hin zu bauen, die sinnliche Wahrnehmung wird gering geschätzt und als unwahr ausgegeben. Wie wenige Menschen, welche sich die Verse: Sunt aries taurus gemini etc. haben einprägen müssen, können die Objekte der hergesagten Namen am Himmel wenigstens teilweise bezeichnen? Legte man den Wert auf die Dinge statt auf die Namen, so hätte sich längst die angeführte Reihenfolge in die richtige verwandelt: Fische, Widder, Stier — Zwillinge, Krebs, Löwe — etc. Wer aber diese Sternbilder nicht kennt, weiss von umherschweifenden Planeten nur vom Hörensagen und als Symbolen mathematischer Rechnungen und Figuren; kann er dann wirklich mit wahrem Interesse und Verständnis sich auf den Standpunkt des Copernicus versetzen, um die Unregelmässigkeiten des Hin- und Herschwankens der Planeten verschwinden zu sehen? Nicht häufig dürfte sich unter den Menschen die geistige Veranlagung eines Leverrier finden, der sich nie die Mühe genommen haben soll, den von ihm errechneten Neptun wirklich im Fernrohr zu betrachten. Die Sterne sind vielfach willkürlich zu den Figuren der Sternbilder zusammengefasst, dies giebt jedem Sternbild individuelle Züge und erleichtert das Auffassen, es ist durchaus nicht mit Herschel zu wünschen, dass man die Schlangen und Drachen vom Himmel vertriebe, um eine uniforme Einteilung in die Felder eines modernen Koordinatennetzes an ihre Stelle zu setzen. Die seit 20 Jahren wieder ziemlich verbreiteten drehbaren Sternkarten für eine bestimmte geographische Breite sind ein sehr empfehlenswertes Hilfsmittel, um die Sternbilder kennen zu lernen, da das Auffinden erleichtert wird, wenn man ausser der Gestalt eines Bildes auch seine augenblickliche Orientierung zum Horizont kennt. Weit mehr jedoch als die käuflichen drehbaren

Sternkarten leistet eine (in der Sitzung vorgelegte) Vorrichtung, die im wesentlichen mit dem Astrolabium des Hipparch, dem Vorbilde der drehbaren Sternkarten, übereinstimmt. Die gewöhnlich den Horizontausschnitt tragende Scheibe war durch einen in einem Rahmen ausgespannten Bogen durchscheinenden Papieres ersetzt, welcher nicht nur den Horizont, sondern auch das zugehörige Netz der Kreise constanter und wachsender Höhe (Almukantarate und Höhenkreise) enthielt, so dass man, nach leichter Einstellung für Tag und Stunde, die Höhe und das Azimut jedes Sternes ablesen, ihn daher auch bei sehr beschränkter Aussicht, z. B. von engen Strassen grosser Städte aus identifizieren kann. Die durchsichtige Scheibe war zugleich noch mit einer Erdkarte versehen, die auf der Annahme eines bis an die Himmelskugel vergrösserten Erdballes beruhte. Dadurch konnte man zu jedem Gestirne den Erdort angeben, für welchen es gerade im Zenit stand, und die Ausdehnung der Sternbilder an der Himmelskugel mit denen der Erdteile auf dem Erdball vergleichen.

„Diese eine drehbare Sternkarte kann jeden möglichen Anblick des Himmels darstellen, aber nicht ohne unbequeme Verzerrung; denn die Aufnahme nach stereographischer Projektion muss hier vom Südpol eines gedachten Himmelsglobus aus erfolgen. Sollten dagegen die vier Quadranten des Horizonts im Bilde gleich gross erscheinen, so müsste die Projektion vom Nadirpunkt jener Himmelskugel erfolgen; dann sind aber die Karten, welche von Stunde zu Stunde den Anblick des Himmels darstellen, nicht mehr congruent und nicht durch Drehung in einander überzuführen. (Es war eine vollständige Reihe von 24 solchen Karten mit Horizontnetz ausgelegt.) Die einzige in ihnen noch vorhandene Verzerrung besteht darin, dass der Maassstab der Sternbider vom Zenit nach dem Horizont hin auf das Doppelte wächst, doch ist dies nicht störend, da wir durch unbewusstes Urteil die Sternbilder nicht an eine Halbkugel, sondern an ein flaches Gewölbe versetzen, so dass die tief stehenden erheblich vergrössert erscheinen.

„Da es allbekannt ist, dass man Reisen rings um den Erdball angestellt und denselben Himmel überall wiedergefunden hat, so ist es nicht zu empfehlen, die Himmelserscheinungen längere Zeit in absichtlicher Beschränkung auf die vom Heimatsort aus möglichen Wahrnehmungen zu behandeln. Ein einfacher Apparat, um die tägliche Drehung für jeden Erdort darzustellen, wurde vorgezeigt. Durch den Hals eines kugelförmigen Glaskolbens von 1 dm Durchmesser war mittelst eines durchbohrten Korkes ein Glasstab bis zur Mitte geführt, der dort eine kleine, mit den fünf Erdteilen bemalte Kugel von 1 cm Durchmesser trug. Ergreift man den herausragenden Teil des Glasstabes mit der einen, den Kolbenhals mit der anderen Hand, so kann man den Kolben und die Erdkugel gegen einander um den Glasstab als Axe drehen. Der Kolben war zur Hälfte mit Wasser gefüllt, dessen Spiegel bei jeder Lage den Horizont des aus der Wassermasse gerade hervortauchenden Erdortes angab. An der äusseren Fläche des Kolbens waren die Sternbilder durch bunte Oblaten angedeutet, welche auf der Innenseite, von der Erde aus lesbar, die Namen trugen. Längs des Äquators und der Ekliptik waren Gummibänder ausgespannt. Man ist hiermit im Stande, das Auf- und Untergehen der Gestirne für die sphaera recta, parallela und obliqua darzustellen, wenn man die Glaskugel um den festgehaltenen Glasstab dreht. Auch der Übergang zu der Drehung der Erde im festen Himmelsgewölbe ergibt sich von selbst.

„Die Sternbilder geben die festen Marken, nach denen man die Bewegungen der Planeten und des Mondes abschätzt. Solche Beobachtungen mit freiem Auge sind unerlässlich, denn hieraus, nicht aus unübersehbaren Zahlentabellen, wie sie angeblich populäre Schriftsteller heute bieten, sind unsere Vorstellungen über die Planetenbewegung auf die einfachste Art erwachsen. Jene Zahlentabellen werden obendrein nicht den Beobachtungen, sondern in voller Genauigkeit den Ephemeriden entnommen und oft durch Figuren erläutert, welche die Bewegungen in verkehrtem Sinne darstellen. Zahlen von moderner Genauigkeit führen aber gar nicht zu den einfachen elementaren Bewegungen, wie die Keplerschen Gesetze sie verlangen, sondern lassen alle die kleinen Abweichungen erkennen, die den Anfänger nur verwirren würden. Eine Anleitung zur Beobachtung der Planetenbewegung bietet die jetzt zum dritten Mal der Poskeschen Zeitschrift beigegebene Karte der beweglichen Gestirne für je ein laufendes Kalenderjahr. Man erkennt hier mit einem Blick die Hauptzüge der Bewegungen besser als durch lange Beschreibungen und kann auch schwer sichtbare Planeten, wie Uranus und Neptun, durch ihre Lage gegen die benachbarten Fixsterne nach den Angaben der Karte am Himmel mittelst eines Krimstechers auffinden. (Zur Zeit des Vortrags war das nahe Zusammenstehen von γ virginis und Saturn bemerkenswert, die durch das blosse Auge nicht getrennt werden konnten.)

„Derselbe Gedankengang, durch den man die ungleichförmige Bewegung eines hin und her schwingenden Pendels auf eine einfachere Bewegung zurückführt, indem man es als Projektion eines konischen Pendels betrachtet. dessen Annäherung an den Ort des Beobachters und Entfernung unbemerkt bleiben. führt zu der Ptolemäischen Beschreibung der angeschauten Planetenbewegung; zu der deutlich sichtbaren Bewegung seitwärts, d. h. im Sinne der Länge. wird noch eine Bewegung in die Tiefe, in Richtung des Fahrstrahls, hinzugedacht, von der man ohne Fernrohr in der veränderlichen Helligkeit manches Planeten schwache Anzeichen bemerkt hat. Das Ptolemäische System wird meist sehr oberflächlich und geringschätzig behandelt. Sehr mit Unrecht. Denn wer sich einmal über den Sinn der Verzeichnisse von Elementen der Planetenbahnen klar werden will, und daher den scheinbaren Planetenlauf am Himmel nach Keplers Gesetzen verfolgen will, ist gezwungen das Ptolemäische System wieder aufzurichten. Man hat zu diesem Zwecke zunächst den Ort des Planeten und der Erde für die gegebene Zeit in ihren Bahnen um die Sonne zu bestimmen. Will man aber eine elliptisch gezeichnete Planetenbahn nach dem Flächensatz einteilen, so steht man vor einer nicht zu bewältigenden Aufgabe. Die einzige Kurve, die man wirklich beherrscht, ist der Kreis. Es ist daher der Satz sehr erwünscht, dass schwach excentrische Planetenbahnen von dem über der grossen Axe beschriebenen Kreise fast gar nicht in ihrem Verlaufe zu unterscheiden sind, und dass die Bewegung, von dem zweiten Brennpunkt der Ellipse betrachtet, nahezu gleichförmig erscheint. Es wurde eine Reihe von Karten grossen Formates vorgelegt, in denen nach dieser angenäherten, für graphische Darstellung völlig ausreichenden Construktion die heliocentrischen Bahnen der Planeten, von Merkur bis Neptun, für das laufende Jahrzehnt, für Saturn für einen vollen Umlauf, gezeichnet und nach Zeit eingeteilt waren. In jede Karte war noch die Bahn der Erde um die Sonne auf dieselbe Art eingezeichnet. Legt man nun einen Bogen Pauspapier, von dessen Mitte O eine Axe OX ausgeht, so auf die Karte des Planetenlaufs, dass O einen Erdort bedeckt, und OX der festen Richtung nach dem Frühlingspunkte parallel liegt. so kann man den aus der unteren Karte durchscheinenden gleichzeitigen Planetenort auf dem Pauspapier nachzeichnen. Vollzieht man dies für alle Zeitpunkte, indem man den aufgelegten Bogen ohne Drehung von einem Erdort zum nächsten verschiebt, so bilden die durchgezeichneten Planetenörter die relative, auf die Ebene der Ekliptik projizierte Bahn des Planeten, die einer Epizykloide ähnlich ist. Auch die nicht unmittelbar gegebene Breite lässt sich leicht ergänzen, so dass man die ausreichende Grundlage für die oben erwähnte Karte der scheinbaren Bahn am Himmel erhält. Heute sind solche Darstellungen sehr selten zu finden. Sie kommen vor in Newcomb-Vogel's Astronomie; aber die Zeit, für die sie gelten und eingeteilt sind, ist eine weit entlegene. Sie sind wahrscheinlich verkleinerte Kopien aus Doppelmayers Sternatlas (Nürnberg 1742) und nicht direkt dem Original, sondern Aragos *Astronomie populaire* entnommen.

„Diese Kurven, die gleichfalls für die oben genannten Planeten und Zeiträume ausgeführt waren und vorgelegt wurden, zeigen alle Fahrstrahlen, die man von jedem Erdort nach dem zugehörigen Planetenort ziehen kann, von einem festen Punkte aus, in den sich der Beobachter versetzt, nach Grösse und Richtung abgetragen. Man kann sie mithin auch dadurch erhalten, dass man von jedem Planetenort eine Linie zieht, welche nach Grösse und Richtung die gleichzeitige Entfernung von der Erde zur Sonne darstellt, besonders ist dies für die entfernteren Planeten, wie Jupiter, Saturn, Neptun empfehlenswert, da für sie diese Verschiebung im Verhältnis zu den Dimensionen der Bahn ziemlich klein ausfällt. Für diese ist es dann auch nicht nötig, die Erdbahn in der oben erörterten Weise genau mit Rücksicht auf die excentrische Stellung der Sonne einzuteilen. Dann ist aber die definitive Karte weiter nichts als die Combination zweier Kreisbewegungen: eine die Erdbahn nachbildende Kreisscheibe wird von einem Punkt der heliocentrischen Planetenbahn zum anderen verschoben. und ein wandernder Punkt des Scheibenumfanges stellt nach und nach alle geocentrischen Planetenörter dar. So sind wir fast genau zu der Ptolemäischen Darstellung gekommen, die man am einfachsten aus dem *Astronomicum Caesareum* kennen lernt, das Apianus seinem Schüler, dem Kaiser Karl V., widmete, einem Atlas, der für jeden Planeten eine mehrschichtige Karte enthält. Die einzelnen Schichten enthalten in der Mitte teils runde Ausschnitte, teils dazu passende scheibenförmige Verdickungen, und sind dadurch sehr sicher und einfach gegen einander zu drehen. Die unterste und die darauf liegende Schicht tragen an ihrem kreisförmigen Rande Einteilungen, auf denen Jahrhunderte, resp. Jahre und Monate angegeben sind. Man kann so z. B. den Jupiter durch Drehung der zweiten Scheibe um das „*Centrum mundi*“ auf den mittleren heliocentrischen Planetenort J einstellen, der bei Apian als „*Centrum epicykli*“ erscheint. Durch Drehung des dritten Blattes um einen vom *Centrum mundi* nur wenig entfernten Drehpunkt, das „*Centrum deferentis*“, den wir als Mittelpunkt der heliocentrischen Bahnellipse auffassen würden, lässt sich der Ort so corrigieren, wie es die Gleichmässigkeit der Bewegung um das *Centrum aequani* (d. h. zweiter Brennpunkt der Ellipse) erfordert. Endlich trägt die oberste Scheibe noch eine kleine, um J drehbare Scheibe (nämlich die Erdbahn), auf deren Umfang ein Punkt J' nach gehöriger Einstellung den geocentrischen Planetenort darstellt. Mit Hilfe dieses „Instrumentum“, welches in einer Nachbildung gezeigt wurde, kann man den Ort des Jupiter für jedes historische Datum auf Grade der Länge genau angeben. — Bemerkenswert ist noch die Nebenkarte, durch die Apianus auch die geocentrische Breite bestimmt. Letztere ist eine Funktion der gleichzeitigen Länge der Erde und des Planeten. Die eine dieser Grössen wird als Fahrstrahl, die andere als Winkel eines Polarcoordinatensystems gedeutet, und es werden in diesem alle die Punkte durch eine Kurve verbunden, für welche die Breite einen bestimmten Wert hat. Das ist dieselbe graphische Darstellungsart einer Funktion von zwei Variabeln, die jetzt vielfach z. B. für die Isohypsen, Isothermen, Isobaren Verwendung findet.

„Wer heute ausgerüstet mit weitgehenden mathematischen Kenntnissen sich über die Vorausberechnung von Finsternissen eine Anschauung zu bilden sucht, wird viele moderne Bücher vergeblich aufschlagen. Wenn jene Aufgabe die im grauen Altertum zur Erprobung mathematischen Scharfsinnes diente, auch heute noch manchen zu mathematischen Studien treibt, so wird sich die Hoffnung, auf diesem Wege das Ziel zu erreichen, den meisten als trügerisch erweisen. Die Rechnungsvorschriften der sphärischen Astronomie, die mit Beachtung der Abplattung der Erde durch eine Menge von Hilfsgrössen den Eintritt der Finsternis für einige Erdorte bis auf Sekunden berechnen, sind undurchsichtig und verhüllen den einfachen Kern der Sache. Auch erreicht man damit nur, dass der Verlauf der Finsternis aus der gegebenen Bewegung von Sonne und Mond abgeleitet wird. Aber diese Bewegungen selbst aus einfachen Daten zu finden, wenn auch nicht mit der Genauigkeit der neuesten Sonnen- und Mondtafeln, wäre gerade der Hauptteil der Aufgabe. Israel-Holtzwart giebt sich in seinem recht lehrreichen den Wert der Anschauung leider ganz verkennenden Buche den Anschein, als führte er den Leser auf einfachem Wege zum Ziele, nämlich der Berechnung einer Finsternis aus gegebenen Elementen; er lässt ihn aber nach vielen Kreuz- und Querwegen mitten im Dickicht der Formeln vor den verwickeltsten Näherungsrechnungen stehen, damit er nun selbst sehe, wie er durch eine Finsternis aus dem peloponnesischen Kriege hindurchkomme. Die populären Bücher beschränken sich, wenn sie weit geben, auf die Figur, welche den Verlauf einer Mondfinsternis allgemein, den einer Sonnenfinsternis für den Anblick vom Mittelpunkt der Erde darstellt. Wie man durch Zeichnung auch den Verlauf für die ganze Erdoberfläche darstellen kann, erfährt man nicht. Auch Wolfs Darstellung, im Handbuch der Astronomie, die durch vielfache Hinweise anregend wirkt, kann nicht genügen, da die stereographische Projektion, die zur genauen Bestimmung der Finsternis unentbehrlich ist, nicht klar auseinandergesetzt ist. Man muss bis auf Lagranges Abhandlungen über den Venusdurchgang zurückgehen, um eine durchsichtige, die wesentlichen Gesichtspunkte hervorhebende, Behandlung der Finsternisse und Bedeckungen zu finden. Geht man noch weiter zurück, so ergiebt sich auch Lagranges Parallaxenmethode als eine mathematisch elegante Umformung einer noch älteren, der Projektionsmethode, die der Natur der Aufgabe am meisten entspricht. Sie wird in Lamberts „Beiträgen zur Mathematik und deren Anwendungen“ benutzt. Lambert, der als Autodidakt zur Mathematik und Astronomie gekommen war, beklagte schon für seine Zeit, dass die Astronomen nur noch für Astronomen schrieben und dass sie den Nutzen des Zeichnens, den er als Baumeister kannte, nicht würdigten, sondern stets verwickelte Rechnungen anwandten. Dadurch sei es gekommen, dass die Kenntnisse der Gebildeten über Finsternisse und Mondlauf viel geringer seien als ehedem, wo man nach leichten cyklischen Rechnungen ganz gute Resultate erhalten habe. (Es wurden mehrere Karten vorgelegt, welche nach der Projektionsmethode die Sonnen- und Mondfinsternisse der letzten Jahre aus den Elementen, die zunächst den Jahrbüchern entnommen waren, graphisch darstellten. Sie zeigten die allmählich sich ändernde Gestalt des verfinsterten Gestirnes, das auf der Erde sich fortschiebende Finsternisgebiet und das dadurch entstehende Gesamtgebiet der Finsternis. In der Connaissance des temps und im Nautical almanach ist nur das letztere dargestellt, im Berliner astronomischen Jahrbuch fehlt eine graphische Übersicht ganz).

„Aber Lambert ging weiter, er stellte einige kurze Tabellen auf, welche gestatten, für eine beliebige Finsternis die Stellungen von Sonne und Mond, ihre Radien und Parallaxen, kurz alle Elemente der Finsternis zu bestimmen. Zunächst ist nötig, die mittleren Örter der beiden Gestirne, so wie die zugehörigen Anomalien und Abstände vom Knoten für jede Conjunktion und Opposition zu finden. Um diese in kurzen ganzen Zahlen eben so genau anzugeben, wie sie gewöhnlich nach Graden, Minuten Sekunden angegeben werden, führte Lambert statt der gewöhnlichen Einteilung des Kreises in 360° eine jedesmal dem besonderen Falle angepasste neue Einteilung ein. Trägt man z. B. auf einem Kreise vom Anfangspunkte aus als Bogen die mittlere Anomalie ab, welche der Mond nach 1, 2, 3 . . synodischen Umläufen hat, so findet man viele den Kreis wiederholt umgebende Punkte, die man durch Sehnen zu einem regulären Linienzug vereinigen könnte. Dieser schliesst sich nach 251 Monaten fast genau, so dass die erhaltenen 251 Punkte den Kreis in 251 gleiche Teile zerlegen. Aus diesem Grunde wählt man nach Lambert für die Tabelle, aus der man für jeden Zeitpunkt die mittlere Anomalie zusammensetzt, eine Einteilung des Kreises in 251 Teile, ebenso teilt man ihn für die Anomalie der Sonne in 1509 Teile für den Abstand der Conjunktion vom Knoten in 8322 Teile. Dieses Verfahren hängt mit dem Wesen der Kettenbrüche innig zusammen.

„Handelt es sich nur um allgemeine Betrachtungen über die Periodizität der Finsternisse, so begnügt man sich mit den mittleren Örtern von Sonne und Mond. Man kann dann die Tabellen durch eine Tafel ersetzen, aus der man mit einem Blick die Möglichkeit einer Finsternis für jeden historischen Zeitpunkt erkennen kann. Auf einer etwa 15 m langen Linie seien 29 gleiche Strecken abgetragen, welche Julianische Jahre darstellen sollen, ferner kleinere gleiche Strecken, weche synodische Monate darstellen. Auf derselben Linie seien endlich noch die Zeiten abgetragen, nach denen die Sonne zum Knoten der Mondbahn zurückkehrt. Man nimmt an, dass für den Anfangspunkt der Linie eine Conjunktion zugleich mit dem Durchgang von Sonne und Mond durch den Knoten eintreffe. Liegt nun der Abstand einer Conjunktion von einem Knotendurchgange in gewissen Grenzen, so findet nach mittlerer Bewegung eine partielle oder centrale Sonnenfinsternis statt. Die Grenzen, die für jene weiter, für diese enger zu ziehen sind, können auf die Form $a + b$ und $a - b$ gebracht werden. Schlägt man nun um alle Punkte, welche eine Conjunktion bedeuten, kleine rote Kreise mit dem Radius b, um alle Punkte, welche einen Durchgang durch den Knoten bedeuten, grosse rote Kreise mit dem Radius a, so kommt eine partielle resp. centrale Finsternis zu stande, wenn ein kleiner roter Kreis einen grossen schneidet, resp. ganz von ihm umschlossen wird. Die Linie der 29 Jahre wird in der graphischen Darstellung gebrochen und in 29 unter einander liegende, wagerechte Linien zerlegt. Dann sind die Kreise jeder folgenden Linie gegen die der vorhergehenden um gleich viel versetzt, was eine Kontrolle zur genaueren Construktion bietet. Die Zahl von 29 Linien ist gewählt, weil nach 358 synodischen Umläufen $= 29 - 20^d$ wieder eine Conjunktion fast genau auf einen Knoten trifft, wenn man mit einer solchen begann, so dass dann wieder ein kleiner Kreis fast concentrisch zu einem grossen liegt. Doch ist dies nicht so genau der Fall, dass man für beliebige Zeiträume die Tafel wiederholt durchlaufen könnte, als ob Anfang und Ende genau identisch wären; die Fehler würden sich doch schliesslich durch Summation bemerklich machen. Immerhin ist die Coinzidenz nach etwa 29 Jahren viel genauer als die, welche nach dem Saros (223 Umläufe $= 18^a\ 11^d$) eintritt. Gibt jene einen Schlussfehler $= 1$, so dieser einen Fehler $= -11$. Deshalb muss man nach Lambert 11 mal die ganze Tafel durchlaufen, dann 1 mal den Anfang derselben, d. h. die Sarosperiode hinzufügen, um so den Fehler in aller Strenge auf 0 zurückzuführen. Die Tafel ersetzt somit eine viel ausgedehntere, die sich auf $11 . 29^a + 18^a$, oder genau auf $336^a\ 153^d = 4161$ Umläufe erstreckt. Natürlich ist der Anfangspunkt der Tafel nicht gerade der Anfang des ersten Kalenderjahres einer 29jährigen oder 11jährigen Periode. Eine kleine Hilfstafel zeigt an, auf welche Punkte der Linien für jede Periode der Jahresanfang fällt; au diesen ist der Anfangspunkt eines beweglichen Papierstreifens zu legen, auf welchem die Länge des Julianischen Jahres in Tage und Monate geteilt ist. Die mit einer Finsternis verbundenen Conjunktionen werden so durch ihr Julianisches Datum bestimmt.

„Dieselbe Tafel zeigt noch durch ein ähnliches System kleiner und grosser blauer Kreise an, welche Oppositionen eine Mondfinsternis ergeben.

Lambert hat endlich noch aus den Sonnentafeln und aus den Mayer'schen Mondtafeln, die er für die Zeitpunkte des Neumonds und Vollmonds erheblich zusammenzog, wenige kurze Tafeln abgeleitet, um die mittleren Örter und Anomalien zu corrigieren, die Verfrühung oder Verspätung der Conjunktion infolge der elliptischen Bewegung abzuleiten, endlich Radius und Parallaxe und Abstand vom Knoten zu bestimmen, so dass man die vollständigen Daten zur Construktion jeder Finsternis erhält. Die hierauf begründeten Constructionen geben die Zeitpunkte bis auf 3 Min. genau. Die vorgelegte Nachbildung der Lambert'schen Finsternistafel unterscheidet sich durch Einführung der jetzt angenommenen Elemente der Mondbewegung von dem Original.

Mögen die heutigen Astronomen für ihre wissenschaftlichen Zwecke die besten Methoden besitzen und weiter ausbauen, für die Schule und für die allgemeine Bildung wäre eine Anlehnung an dieselben unbrauchbar; hier sind die Methoden von Wert, welche noch deutlich erkennen lassen, wie die Teile dem Zwecke des Ganzen dienen. Man wird daher aus der Geschichte der Astronomie noch vielfach lernen können, wie ihre Elemente am besten zu wahrem Verständnis zu bringen sind. Dabei wird vielfach die Zeichnung den Vorrang vor der Rechnung behaupten."

In der Abteilungssitzung für Chemie sprach Herr Lubarsch (Berlin) „über messende Versuche im chemischen Unterricht".

In der Abteilungssitzung für Chemie und Physik führte Herr Lüpke (Berlin) eine grosse Reihe von Versuchen mit den Apparaten vor, die Herr Dr. Hermann Rohrbeck (Berlin) ausgestellt hatte. — Herr M. Möller (Braunschweig) sprach „über die Verteilung magnetischer Kraftlinien im Raum im Umkreise von Kreisströmen", und „über die Beziehung des statischen zum dynamischen Ätherdruck". — Herr Heyne (Berlin) führte Versuche mit einem von Herrn Prof. Reichel (Berlin) construierten Apparate zur Zusammensetzung von Stosskräften vor. Der erheblich gegen früher vereinfachte Apparat soll in dieser Zeitschrift beschrieben werden. —

In der Abteilungssitzung für Biologie und Erdkunde hatte Herr Stahlberg (Steglitz) einige vierzig selbstgezeichnete naturwissenschaftliche Wandtafeln ausgestellt und machte nähere Angaben über deren Herstellung. — Herr E. Schmidt (Berlin) zeigte selbstgefertigte Alkoholpräparate von Larven und ganzen Kerfmetamorphosen vor, die nicht auf Glasplatten, sondern auf Gelatineplatten befestigt waren; ferner Präparate von Kerfen, deren Mundteile und Beine zur Demonstration hergerichtet waren, indem Hollundermarkstückchen als Unterlage benutzt waren; derselbe wies auf anderweitige Hilfsmittel für den zoologisch-botanischen Unterricht hin und zeigte auch die von ihm im Unterricht auf Rollenpapier mit Farbstiften gezeichneten Wandkarten für den geographischen Unterricht vor. —

Im Theatersaal der Urania hielt nach Besichtigung des Instituts Herr Spies (Berlin) einen von zahlreichen Demonstrationen begleiteten Vortrag „über die Benutzung des elektrischen Lichts im physikalischen Unterricht". Derselbe zeigte Versuche mit einem elektrischen Strome von 20000 Volt Spannung.

Mit der Versammlung verbunden war eine reichhaltige Ausstellung von Lehrmitteln, namentlich physikalischen Apparaten.

Als Versammlungsort für Ostern 1894 wurde Wiesbaden gewählt.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Eine Sammlung von Kubikcentimetern der wichtigsten Metalle und Legierungen zur Demonstration der spezifischen Gewichte durch Wägung hat die Firma C. Goldbach in Heidelberg-Neuenheim hergestellt. Die Genauigkeit geht bis auf $^1/_{20}$ mm. Die Sammlung enthält: 1) Magnesium (gegossen), 2) Aluminium (gewalzt), 3) Zink (gegossen), 4) Zinn (gegossen), 5) Eisen (gewalzt), 6) Kupfer (gezogen), 7) Nickel (gewalzt), 8) Silber (gegossen), 9) Blei (gegossen), und die Legierungen 10) Messing, 11) Bronce, 12) Aluminiumbronce, alle drei gegossen. Der Preis der Sammlung in Etui beträgt 20,50 Mk., mit Neusilber statt Silber 15 Mk. —

Dieselbe Firma liefert auch eine Sammlung von Stäben gleichen absoluten Gewichts und Querschnitts aus den eben genannten Metallen zur Demonstration der spezifischen Volumina durch das Verhältnis der Längen. Die Stäbe sind rund, der Durchmesser ist 5 mm, der Genauigkeitsgrad $^1/_{50}$ mm, das absolute Gewicht 10 Gramm. Der Preis (mit Etui) ist 22 Mk., mit Neusilber statt Silber 18 Mk.

Über ihre Sammlungen künstlicher Krystalle (nicht blosser Krystallmodelle) zum Gebrauch beim Unterricht in der Chemie und Mineralogie, sowie über Sammlungen von natürlichen Krystallen und von Mineralien giebt die Firma besondere Verzeichnisse aus.

Preisliste No. 11 über Physikalische Apparate, Instrumente und Gerätschaften, mit ca. 800 Abbildungen, von Ferdinand Ernecke in Berlin. Das elegant ausgestattete, 186 Seiten starke Verzeichnis zeigt, dass die Firma andauernd bemüht ist, den Fortschritten der Unterrichtstechnik zu folgen. Eine grössere Zahl von Apparaten und Modellen schliesst sich an die Beschreibungen an, die in dieser Zeitschrift seit ihrem Bestehen veröffentlicht sind. Zu den bemerkenswertesten Neuheiten gehören die Drehstrommodelle, sowie eine nach dem Prinzip des Tesla'schen Ringes construierte Wechselstrommaschine, die nach Angabe des Verfertigers einen Strom von 2,3 Amp. und 10,5 Volt liefert und durch blosse Änderung der Schaltung auch als zweiphasige Drehstrommaschine benutzt werden kann.

Himmelserscheinungen im November und Dezember 1893.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

	November						Dezember							
Monatstag	1	6	11	16	21	26	1	6	11	16	21	26	31	
Helio-centrische Längen.	306°	323	343	7	34	64	96	126	152	174	193	210	225	☿
	336	344	352	0	8	16	23	31	39	47	56	64	72	♀
	39	44	49	54	59	64	69	75	80	85	90	95	100	♁
	188	190	192	195	197	199	201	204	206	209	211	213	216	♂
	55	55	56	56	57	57	57	58	58	59	59	60	60	♃
	197	197	197	197	197	197	197	198	198	198	198	198	198	♄
Aufst. Knoten.	18°	18	18	18	17	17	17	17	16	16	16	15	15	☾
Mittl. Länge.	130	196	262	328	33	99	165	231	297	3	69	135	200	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	140°	199	260	325	25	104	174	231	297	356	63	145	205	☾
	239	245	249	251	249	243	237	235	237	242	248	255	263	☿
	263	269	275	282	288	294	299	305	310	315	319	323	327	♀
	217	222	227	232	237	242	248	253	259	264	270	275	281	☉
	198	201	204	208	211	214	217	220	224	227	231	234	237	♂
	57	56	55	55	54	53	53	52	51	51	50	50	50	♃
	198	199	199	200	200	201	201	202	202	202	203	203	203	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	+21°	−8	−28	−19	+11	+28	+5	−22	−26	−4	+25	+18	−11	☾
	−23	−24	−25	−24	−23	−20	−18	−17	−17	−19	−21	−22	−23	☿
	−26	−26	−26	−26	−25	−25	−24	−22	−21	−19	−17	−16	−14	♀
	−15	−16	−18	−19	−20	−21	−22	−23	−23	−23	−23	−23	−23	☉
	−7	−8	−9	−11	−12	−13	−14	−15	−16	−17	−18	−19	−20	♂
	+19	+19	+18	+18	+18	+18	+18	+18	+18	+18	+17	+17	+17	♃
	−5	−5	−6	−6	−6	−6	−6	−7	−7	−7	−7	−7	−7	♄
Aufgang.	19^h 1^m	19.10	19.19	19.28	19.37	19.45	19.52	19.59	20.5	20.9	20.12	20.13	20.13	☉
	11^{h}19^m	17.53	23.50	1.45	2.42	6.2	13.10	19.30	23.33	0.25	1.45	8.5	14.47	☾
Untergang.	4^{h}28^m	4.19	4.10	4.3	3.57	3.51	3.47	3.45	3.44	3.44	3.46	3.49	3.54	☉
	2^{h}33^m	3.29	5.9	10.44	17.43	23.26*	1.19	2.16	5.58	12.21	19.47	23.14	23.56*	☾
Zeitglchg.	−16^{m}20^s	−16.15	−15.49	−15.2	−13.54	−12.27	−10.41	−8.39	−6.24	−4.0	−1.32	+0.57	+3.23	☉

Die mit * versehenen Angaben beziehen sich auf den vorhergehenden Tag.

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Nov. 8	1^h	51^m	Neumond	Dez. 7	20^h	34^m	Neumond
„ 11	17		Mond in Erdferne	„ 9	9		Mond in Erdferne
„ 16	6	38	Erstes Viertel	„ 25	23	15	Erstes Viertel
„ 23	7	2	Vollmond	„ 22	16		Mond in Erdnähe
„ 24	3		Mond in Erdnähe	„ 22	17	30	Vollmond
„ 29	22	2	Letztes Viertel	„ 29	12	12	Letztes Viertel

Constellationen. November: 5 11^h ☿ in grösster östlicher Elongation; 5 23^h ♄ ☌ ☾; 6 5^h ♂ ☌ ☾; 10 3^h ☿ ☌ ☾; 12 6^h ♀ ☌ ☾; 18 0^h ♃ ☍ ☉; 22 23^h ♃ ☌ ☾; 26 1^h ☿ untere ☌ ☉; 27 20^h ☿ in Sonnennähe. — Dezember: 3 10^h ♄ ☌ ☾; 5 1^h ♂ ☌ ☾; 6 1^h ♀ in grösster östlicher Elongation, 6 8^h ☿ ☌ ☾; 12 3^h ♀ ☌ ☾; 14 6^h ☿ in grösster westlicher Elongation; 20 6^h ♃ ☌ ☾; 21 3^h ☉ im Steinbock, Winter-Solstitium; 30 17^h ☉ in Erdnähe; 30 21 ♄ ☌ ☾.

Meteore. Bei den Leoniden (Nov. 11—13) wird sich, besonders in den Morgenstunden, vielleicht schon eine kleine Zunahme verraten. Auch am Abend des 27. November tritt vielleicht eine grössere Zahl von Meteoren auf, desgleichen Dezember 8—11.

Veränderliche Sterne. 1) Algols-Minima treten ein November 2 16^h, 5 13^h, 8 10^h, 11 6^h; 25 15^h, 28 11^h; Dezember 1 8^h, 15 16^h, 18 13^h, 21 10^h, 24 7^h; 2) Minima von λ *Tauri* treten ein November 10 18^h, 14 16^h, 18 15^h, 22 14^h, 26 13^h, 30 12^h; Dezember 4 11^h, 8 10^h, 12 9^h, 16 8^h, 20 6^h, 24 5^h; 3) betreffs der anderen Sterne vergleiche die Notizen für September und Oktober

J. Plassmann, Warendorf.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.