Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

V. Jahrgang. **Sechstes Heft.** August 1892.

Apparate und Versuche für physikalische Schülerübungen.[1])

Von

Dr. **K. Noack** in Giessen.

1. Ein einfacher Längencomparator (Fig. 1).

Auf einer Holzleiste von 8 cm Breite und 120 cm Länge, die aus altem astfreiem Holz durch Verleimen hergestellt ist, ist eine Millimeterteilung von 110 cm Länge auf der einen Hälfte der ganzen Länge nach aufgetragen. Darüber ist ein Spiegelglasstreifen von gleicher Länge und Breite gelegt, dessen Belegung soweit der ganzen Länge nach entfernt worden ist, dass die Teilung fast ganz frei wird. Eine Fassung von Messingblech verbindet beide Teile. Dazu gehört ein Stativ auf eisernem Dreifuss mit Stellschrauben, dessen Säule aus zwei teleskopartig in einander verschiebbaren Messingrohren von je 50 cm Länge mit Überfallschraube zum Festklemmen besteht. Das innere Rohr endigt oben mit einem Gelenkkopf (Kugelgelenk), an dem der Maassstab mit seiner Mitte derart befestigt ist, dass man ihn senkrecht, wagrecht und in jeder Zwischenlage gebrauchen kann (Liebrichs Nachfolger, Giessen, 30 Mk.).

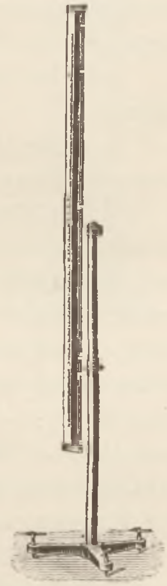


Fig. 1 ($^1/_{20}$ nat. Gr.).

Es ist einleuchtend, dass man mit dieser einfachen Vorrichtung eine Reihe von Messungen mit recht erheblicher Genauigkeit ausführen kann; ich teile einige Beispiele mit.

(Aufg. 20.) Welche Beziehung besteht zwischen der Verlängerung einer Spiralfeder und der Grösse des spannenden Gewichtes?

Zur Ausführung dieser Versuche dient ausser Spiralfedern, Wagschale und Gewichtssatz ein eisernes Stativ von nebenstehender Form (Fig. 2). Zwischen zwei eisernen Säulen von 2 cm Durchmesser und reichlich 1 m Länge auf schweren eisernen Dreifüssen mit Stellschrauben kann mittelst zweier Doppelmuffen ein eiserner Querstab von gleichen Maassen wie die Säulen, aber aus Gasleitungsrohr verfertigt, befestigt werden. In diesen Stab sind 3 Drahtklemmen eingeschraubt. Ferner gehört dazu ein 50 cm langer Arm mit eingeschraubten Haken und einer Klemme am Ende, sowie ein Ring, beide mit Muffen zum Befestigen am Stativ (Liebrichs Nachf., Giessen, 18 Mk.).

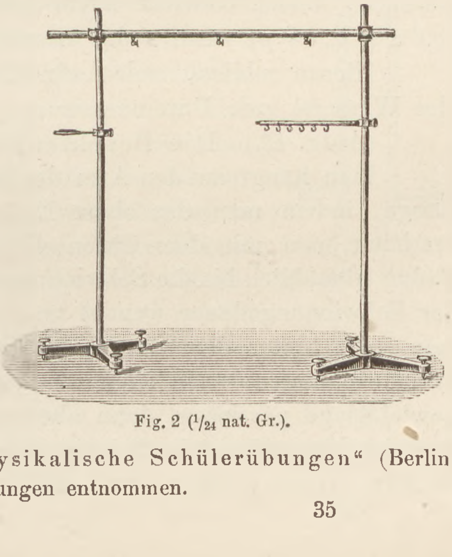


Fig. 2 ($^1/_{24}$ nat. Gr.).

Der Querstab des Statives wird mög-

[1]) Aus des Verfassers „Leitfaden für physikalische Schülerübungen“ (Berlin bei Julius Springer, 1892) mit unwesentlichen Aenderungen entnommen.

lichst kurz gefasst, sodass das entstehende Gestell gegen Durchbiegungen hinreichend widerstandsfähig wird. Das obere Ende einer der Spiralfedern wird in einer Klemme festgeschraubt, an dem unteren eine Wagschale angehängt und die Stellung einer am unteren Ende befestigten Marke (Scheibchen von Kartenpapier mit Schlitz) an dem dahinter senkrecht aufgestellten Kathetometer (Fig. 1) abgelesen. Dann wird mit wachsenden Gewichten belastet und verfahren wie zuvor.

Hat man die Resultate in zwei Colonnen unter einander geschrieben, so sieht man, dass die Verlängerungen für die um gleich viel wachsenden Belastungen nicht ganz gleich sind; man notiert die Verlängerungen in einer dritten Colonne, berechnet das Mittel und berechnet sich eine der beobachteten Zahlenreihe entsprechende, indem man das Mittel einmal, zweimal u. s. f. zu der ersten Ablesung addiert. Eine vierte Colonne, welche die Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Zahlen enthält, zeigt bis zu welchem Grade zuverlässig die Beobachtungen waren. Eine graphische Darstellung unter Benutzung der Belastungen als Abszissen und der Längen als Ordinaten liefert eine Gerade.

Daran schliesst sich in Aufg. 21 eine Wägung mit Hülfe der untersuchten Spirale.

(Aufg. 17.) Das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit mittels communizierender Röhren zu bestimmen.

Das Doppelrohr wird im Bunsenschen Stativ mit Hülfe eines Korkes mit zweifacher Bohrung festgeklemmt, die beiden zugehörigen Gläschen mit Wasser und der zu untersuchenden Flüssigkeit untergestellt und dahinter das Kathetometer senkrecht aufgestellt. (Die senkrechte Aufstellung wird an einem vor dem Spiegel aufgehängten Senkel controlliert). Durch Saugen hebt man nun die Flüssigkeiten möglichst hoch, schliesst den Quetschhahn und misst die Höhen h und H; dann ist $H : h = s : 1$. (Vergl. G. Quincke, *d. Zeitschr. V. 114.*) Oder man lässt durch vorsichtiges Öffnen des Quetschhahns etwas Luft eindringen, schliesst wieder und liest abermals die Höhen ab; sind x und y die hierbei eintretenden Verschiebungen der Kuppen, so ist $y : x = s : 1$.

(Aufg. 18.) Den Durchmesser von Kapillarröhrchen zu bestimmen.

Man befestigt an der zu untersuchenden Kapillarröhre einen Gummischlauch und saugt einen Quecksilberfaden auf, dessen Länge l an dem wagrecht gelegten Spiegelmaassstab bestimmt wird. Darauf wird der Quecksilberinhalt in ein Wiegegläschen, dessen Gewicht zuvor bestimmt ist, gegossen und gewogen; dann ist $13{,}6\,\pi d^2/4 \,.\, l = p$, wenn p das Gewicht des Quecksilbers in g bedeutet.

Hieran schliesst sich Aufg. 19, die Abhängigkeit der kapillaren Steighöhe (des Wassers) vom Durchmesser der Röhre zu suchen.

(Aufg. 42.) Die Beschleunigung der Schwere zu bestimmen.

Man hängt an den Arm des Stativs (Fig. 2) ein Fadenpendel von etwa 1 m Länge, indem man das obere Ende des Fadens durch die Klemme zieht; dann bestimmt man mit dem Chronoskop seine Schwingungsdauer und verkürzt den Faden allmählich bis die Schwingungsdauer 1″ beträgt. Zur genaueren Bestimmung der Schwingungsdauer wendet man nunmehr das Verfahren der Coïnzidenzen an; man stellt hinter dem Stativ das Sekundenpendel auf und versetzt beide Pendel in Schwingungen; nach einiger Zeit werden beide Pendel gleichzeitig die Gleichgewichtslage passieren, dann aber wird das Fadenpendel allmählich voreilen (oder zurückbleiben) bis nach n Schwingungen des Sekundenpendels wieder eine Coïnzidenz eintritt. Dann weiss man, dass das Fadenpendel in n'' genau $n \pm 1$ Schwingung ausführt. Zur genauen Bestimmung von l stellt man hinter das Pendel den Spiegelmaassstab und misst erstens den Abstand des tiefsten Punktes der Pendellinse vom oberen Endpunkt, zweitens den des höchsten Punktes der Linse vom nämlichen Punkt. Das Mittel beider Messungen ist die gesuchte Länge.

Schliesslich findet man $g = \pi^2 . l/t^2$.

(Aufg. 54.) Die Schwingungszahl einer Stimmgabel mit resonierender Luftsäule zu bestimmen.

Ein Glasrohr von 5 cm Weite und 110 cm Länge mit Glasfuss ist durch einen Tubus am Boden und einen Gummischlauch mit einer Vorlage verbunden, die mit Wasser gefüllt und auf den Ring des Stativs (Fig. 2) gelegt wird. Fig. 3 zeigt die Zusammenstellung.

Zunächst hebt man die Kugel, bis das Resonanzrohr bis nahe dem oberen Rand mit Wasser gefüllt ist; dann hält man die tönende Stimmgabel über die Öffnung, senkt die Kugel langsam und hält ein, wenn die Resonanz am stärksten ist; an dem dahinter gestellten Spiegelmaassstab wird die Länge der Luftsäule gemessen. Senkt man nun die Kugel weiter, so findet man eine zweite (vielleicht auch noch eine dritte) Stelle stärkster Resonanz und bestimmt ihren Abstand vom vorhergehenden Punkt; derselbe ist etwas grösser als der doppelte Wert der ersten Länge, aber richtiger, da an der Öffnung Störungen stattfinden; die gefundene Strecke stellt die halbe Länge der Welle dar und kann also zur Berechnung der Schwingungszahl der Stimmgabel nach der Gleichung $c = \lambda n$ benutzt werden.

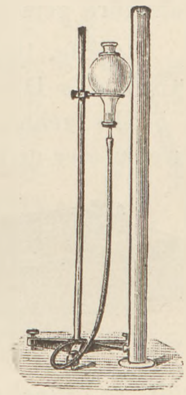


Fig. 3 (1/21 nat. Gr.).

Natürlich kann bei bekanntem n das Verfahren auch zur Bestimmung von c dienen.

(Aufg. 67.) Nachweis des Boyleschen Gesetzes.

Fig. 4 zeigt den hierzu neben dem Längencomparator erforderlichen Apparat. Von zwei Barometerröhren, die einen inneren Durchmesser von etwa 10 mm haben, ist die eine oben mit einem Klappenverschluss von Eisen versehen und in Kubikcentimeter geteilt, die andere beiderseits offen; die unteren Enden sind durch einen umsponnenen Gummischlauch verbunden. Dicht über dem unteren Ende sind beide Röhren in Fassungen eingekittet, mittelst deren jede an einem der beiden Stative (Fig. 2) verschoben und festgeklemmt werden kann.

Man stellt zunächst die Stative so, dass die Barometerröhren parallel und möglichst nahe neben einander liegen; dahinter wird der Spiegelmaassstab senkrecht aufgestellt. Nunmehr füllt man soweit mit Quecksilber, dass dasselbe in beiden Röhren bis zur Mitte reicht, regelt die Stellung so, dass in der verschliessbaren Röhre 30 ccm leer bleiben, schraubt die mit Fett gedichtete Klappe fest zu, hebt die offene Röhre und bestimmt so eine Anzahl zusammengehöriger Werte von Druck und Volum; darauf macht man ebenso eine Anzahl Messungen bei wachsendem Volum. Die gefundenen Zahlen werden tabellarisch geordnet und die Produkte $p . v$ berechnet. Stellt man die Resultate graphisch dar, indem man die Drucke als Abszissen, die zugehörigen Volume als Ordinaten in Croquierpapier einprägt, so erhält man als Kurve eine Hyperbel.

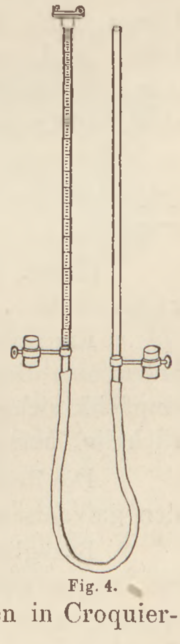


Fig. 4.

In ähnlicher Weise dient der Spiegelmaassstab dazu, die Abhängigkeit der Dampfspannung von der Temperatur zu untersuchen oder den Barometerstand zu bestimmen.

Auch zur Bestimmung von Drahtlängen kann der Längencomparator dienen, wie dies bei den folgenden Aufgaben erforderlich ist. Die Drähte, die hierbei zur Verwendung kommen, sind in 5 cm lange und 3 mm dicke Kupferdrähte eingelötet. Soll die Länge eines solchen Drahtes bestimmt werden, so befestigt man das eine Ende in der Endklemme des Stativs (Fig. 2) und hängt mit Hülfe einer Polklemme an das untere Ende eine Wagschale, die so stark belastet wird, dass der Draht gespannt ist. Dann stellt man den Spiegelmaassstab dahinter und kann nun die Länge recht genau bestimmen. Die Drahtstärke wird mit der Mikrometerdrahtlehre gemessen.

(Aufg. 163.) Die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes von der Länge des Drahtes zu untersuchen.

Es gehört zu dieser Aufgabe ein Satz von Nickelindrähten von gleichem Durchmesser und verschiedener Länge, etwa 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 cm. Man misst die Länge eines solchen Drahtes, schaltet ihn nebst dem geeigneten Vergleichswiderstand in die Brücke (Fig. 5) und bestimmt seinen Widerstand. Hat man so alle Drähte ausgemessen und auf gleiche Dicke geprüft, so ordnet man die Resultate in eine Tabelle und bildet die Quotienten Widerstand durch Länge; dieselben erweisen sich als constant (physikalische Bedeutung dieser Constanten?) Die graphische Darstellung liefert eine Gerade.

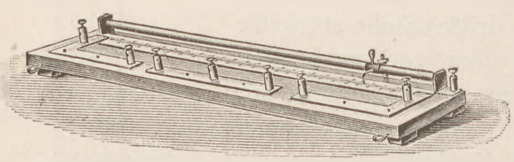


Fig. 5 ($^1/_{10}$ nat. Gr.).

(Aufg. 164.) Die Abhängigkeit des Leitungswiderstandes vom Drahtdurchmesser zu untersuchen.

Für diese Aufgabe bedarf man eines Satzes von Drähten nahezu gleicher Länge (1 m), die aus demselben Stück (etwa Nickelindraht) durch Ausziehen erhalten sind, und verschiedene Durchmesser haben, etwa 1; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2 mm. Man verfährt wie oben, ordnet die gefundenen Zahlen in eine Tabelle und berechnet die Widerstände für genau 1 m Länge; diese Werte multipliziert man mit dem betreffenden Durchmesser und erhält constante Produkte (physikalische Bedeutung dieser Constanten?) Ausserdem sind die Resultate graphisch zu verwerten.

(Aufg. 165.) Den Leitungswiderstand verschiedener Stoffe zu untersuchen.

Ein Satz von Drähten nahezu gleicher Länge (1 m) ist hergestellt worden, indem man dieselben durch dasselbe Loch des Zieheisens gezogen hat; als Material empfiehlt sich: Silber, Kupfer, Messing, Neusilber, Aluminium, Eisen, Nickel, Nickelin, Manganin. Sonst wird verfahren wie oben.

Die Resultate dieser drei Aufgaben führen zu einer allgemeinen Formel für den galvanischen Widerstand eines Drahtes.

Bezüglich der Wahl des Vergleichswiderstandes seien noch einige Bemerkungen gestattet. Man verbindet mit den betreffenden Klemmen der Brücke einen Holzklotz, in den einige stählerne, mit Quecksilber halb gefüllte Fingerhüte eingelassen sind. Dieselben dienen zur Aufnahme von 1-Ohm-Widerständen, wie Fig. 6, deren man sich leicht eine Anzahl, vielleicht 10, herstellen kann. Durch geeignete Combination einer Anzahl derselben neben oder hintereinander kann man leicht erreichen, dass der Schlitten der Brücke nahe der Mitte zur Einstellung kommt.

Zum Schluss noch ein Beispiel für horizontale Anwendung des Längencomparators. (Aufg. 135.) Das Potential eines Leiters in seiner Umgebung zu untersuchen.

Man stellt auf ein Isoliertischchen mit Hartgummiplatte einen Blechwürfel von 30 cm Kantenlänge (vergl. Poske, *d. Zeitschr. III, 163*) und bringt die elektrische Sonde an isolierendem Stativ in gleiche Höhe z. B. mit der Mitte einer Seitenfläche; das mit der Sonde metallisch verbundene Elektroskop wird möglichst weit entfernt aufgestellt; parallel zur Verbindungslinie Würfel — Sonde stellt man in beträchtlicher Entfernung den Längencomparator in wagrechter Seitenlage auf. Nachdem man die kleine Wachskerze an der Sonde angezündet und den Würfel geladen hat, bestimmt man zuerst die am Elektroskop beobachteten Ausschläge bei abnehmenden und dann bei wachsenden Entfernungen. Beide Versuchsreihen werden jede für sich graphisch dargestellt und dann durch Interpolation die richtige Kurve gesucht.

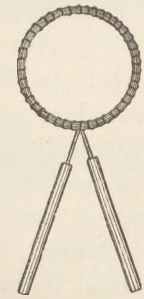


Fig. 6.

In entsprechend einfacher Weise kann der Mach'sche Versuch über die elektrische Fernewirkung (*Leitfaden der Physik von Mach und Jaumann, S. 194*) ausgeführt werden. (Vergl. auch *d. Zeitschr. III, 298.*)

2. Ein einfaches Galvanoskop (Fig. 7).

Das Galvanoskop besteht aus einer Bussole in quadratischer Holzdose mit versilbertem Teilkreis und Aluminiumzeiger an der kurzen Magnetnadel, um welche ein dicht anschliessender Rahmen von Messingblech gelegt ist; das Ganze ist drehbar um einen centralen Zapfen auf einer mit Gradteilung versehenen Grundplatte befestigt. Der Rahmen enthält zwei Lagen Kupferdraht von 1 mm Durchmesser und 6 Lagen Kupferdraht von 0,3 mm Durchmesser. (Liebrichs Nachfolger, Giessen, 25 Mk.) Ich teile im Folgenden vier Aufgaben zum Aichen, bezw. Graduieren des Instrumentes auszugsweise mit.

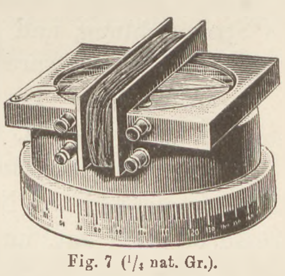


Fig. 7 (1/4 nat. Gr.).

(Aufg. 149.) Das Galvanoskop soll mit Hilfe der Tangentenbussole graduiert und geaicht werden.

Man stellt einen Stromkreis her aus einem Daniell'schen Element, Widerstandskasten, Commutator, Tangentenbussole und dem dünndrähtigen Galvanoskop im Nebenschluss. Der Nebenschluss wird aus einem Neusilberdraht hergestellt und so gewählt, dass der Zeiger des Galvanoskopes auf 45° weist, wenn die Tangentenbussole den nämlichen Ausschlag zeigt. Nun variiert man mit Hilfe des Widerstandskastens die Stromstärke und notiert sich die zusammengehörigen Angaben beider Instrumente unter jedesmaliger Commutation der Stromrichtung und Ablesung beider Nadelenden. Aus den Angaben der Tangentenbussole werden die Stromstärken des ungeteilten Stromes berechnet.

Den Bruchteil des Stromes, der durch das Galvanoskop fliesst, findet man in folgender Weise: man schaltet Galvanoskop und Tangentenbussole in denselben

Stromkreis und reguliert den Widerstand im Rheostaten so, dass man am Galvanoskop einen der oben gefundenen, kleineren Ausschläge wieder erhält; der zugehörige Ausschlag der Tangentenbussole sei φ_2, während im ersten Falle, als das Galvanoskop im Nebenschluss lag, φ_1 gefunden worden war. Es ist also im zweiten Falle der ungeteilte Strom $i = C \,.\, \mathrm{tg}\,\varphi_2$ und der ihm gleiche Zweigstrom im ersten $i = 1/x\, C \,.\, \mathrm{tg}\,\varphi_1$, folglich $1/x = \mathrm{tg}\,\varphi_2 : \mathrm{tg}\,\varphi_1$, d. h. der Zweigstrom wird erhalten, indem man den an der Tangentenbussole gemessenen Hauptstrom mit obigem Bruch multipliziert.

(Aufg. 150.) Das Galvanoskop mit Hülfe eines Normalelementes zu aichen und zu graduieren.

Aus einem Normaldaniell, Widerstandkasten, Commutator und Galvanoskop wird ein Stromkreis hergestellt und durch sprungweises Einschalten von Widerständen, z. B. von 100 zu 100 Ohm, die Skala des Instrumentes in möglichst kleinen Intervallen ausgewertet. Setzt man die elektromotorische Kraft des Normalelementes zu 1,07 Volt, so ergiebt sich die jedesmalige Stromstärke zu $1{,}07/(G+W)$, wo G den Galvanoskopwiderstand und W den zugeschalteten Rheostatwiderstand bedeutet. Falls man ein grosses Element anwendet, kann dessen innerer Widerstand vernachlässigt werden.

(Aufg. 151.) Das Galvanoskop soll mit Hülfe zweier Magnete graduiert werden.

Man bildet einen Stromkreis aus einem Daniellschen Element, dem Rheostat, dem Commutator und dem Galvanoskop; letzteres wird dabei zweckmässig, nachdem es von der geteilten Grundplatte abgehoben ist, mit seinem Zapfen auf die ostwestlich gestellte Magnetometerschiene (Fig. 8) gesetzt. Man schaltet soviel Widerstand zu, dass das Galvanoskop einen Ausschlag von 15° bis 20° zeigt, und notiert denselben; man unterbricht den Strom, legt auf die Schlitten die beiden Magnete und ruft durch dieselben die gleiche Ablenkung, wie oben, hervor. Hierauf wird der Strom abermals geschlossen, die neue Ablenkung notiert und so fort in gleicher Weise verfahren, wie das erste Mal. Hierauf wechselt man die Stromrichtung und stellt die nämlichen Versuche auf der anderen Seite der Bussole an; die entsprechenden Werte werden zu einem Mittel vereinigt.

(Aufg. 152.) Das Galvanoskop soll durch Nachdrehen graduiert werden. (*Winkelmann, Handbuch d. Ph. 3. S. 234.*)

Man verfährt zunächst wie bei der vorigen Aufgabe unter Weglassung der Magnetometerschiene. Nachdem man einen ersten Ausschlag von der gewünschten Grösse erhalten hat, unterbricht man den Strom und dreht das Galvanoskop auf seinem Fuss, bis die Nadel auf dieselbe Zahl einspielt, d. h. den gleichen Winkel mit der Windungsebene bildet, wie während des Stromschlusses. Hierauf schliesst man wieder den Strom, bestimmt den Ausschlag und verfährt genau wie im ersten Fall. Hat man in dieser Weise fortschreitend die ganze Skala erschöpft, so wechselt man die Stromrichtung und wendet das nämliche Verfahren auf der anderen Seite des Instrumentes an. Das weitere Verfahren entspricht dem in Aufgabe 151 angewendeten.

Die Ergebnisse der vier Aufgaben werden auf demselben Blatt Coordinatenpapier graphisch dargestellt. In allen Fällen macht man die Ausschläge zu Abszissen; in den beiden ersten Aufgaben werden die Stromstärken Ordinaten; in den beiden letzten, wo zu den Auschlägen die willkürlichen Strommaasse 1, 2, 3 . . . gehören, macht man diese zu Ordinaten und zwar in einem solchen Maassstab, dass für mittlere Ausschläge die Abszissen dieselbe Länge erhalten, wie in den beiden ersten Fällen.

3. Eine Magnetometerschiene.

Die in Aufgabe 151 erwähnte und in Fig. 8 dargestellte Magnetometerschiene hat folgende Einrichtung: Eine Holzschiene von 4 cm Breite und 110 cm Länge mit einer Tförmigen Verstärkung an der unteren Seite ruht auf drei Holzfüssen mit Messingstellschrauben. In eine Nut der Oberfläche ist eine Millimeterteilung auf Papier eingelegt, die von der Mitte aus nach beiden Seiten von 0 bis 50 cm beziffert ist. Auf dieser Schiene können drei Schlitten verschoben und mit Druckschrauben angeklemmt werden; einer davon trägt eine kurze senkrechte Messinghülse zur Aufnahme des Zapfens einer Bussole, die auch für andere Zwecke gebraucht wird. Der Boden dieser Hülse ist durchbohrt, sodass man den Schlitten mit Hülfe eines Index auf den Nullpunkt der Teilung stellen kann. Die beiden anderen Schlitten sind einander ganz gleich; sie tragen in gleicher Höhe mit der Bussolennadel je ein Tischchen von Messing mit zwei zu einander senkrechten Nuten von dreieckigem Querschnitt, von denen je eine der Holzschiene parallel läuft. Eine centrale Durchbohrung mit Index dient wie oben zum Einstellen. (Liebrichs Nachfolger, Giessen, 24 Mk.)

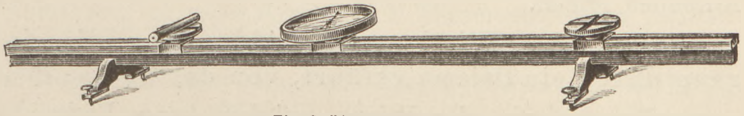


Fig. 8 (1/12 nat. Gr.).

Von den mancherlei Aufgaben, die mit dieser Vorrichtung gelöst werden können, will ich nur einige anführen: 1. Beweis der Formel $M = r^3 . H/2 . \operatorname{tg} \alpha$ für die erste Hauptlage; 2. Vergleichung eines Magnetes mit dem Normalmagnet (absolute Bestimmung bei bekanntem H); 3. Abhängigkeit des magnetischen Momentes von der Zahl der Striche mit graphischer Darstellung der Resultate; 4. Veränderlichkeit des magnetischen Momentes beim Erwärmen; 5. Abhängigkeit des magnetischen Momentes von Erschütterungen; 6. Vergleichung eines Solenoïds (1 Daniell) mit dem Normalmagnet; 7. dasselbe mit Kern von Eisendraht, Eisenrohr und massivem Eisen, alle drei gleich an Gewicht.

Dahin gehört auch eine Aufgabe, die ich ausführlicher mitteilen will:

(Aufg. 153.) Wie hängt das magnetische Moment einer Spule von der Stromstärke ab.

Man stellt das Magnetometer in die erste Hauptlage (nach Angabe von Übung 111), bringt auf einen der Schlitten die Drahtspule, auf den anderen den Normalmagnet und bildet folgenden Stromkreis: 4 Daniellsche Elemente, Commutator, Spule, Tangentenbussole, Widerstandskasten. Die Tangentenbussole muss soweit entfernt sein, dass sie die Bussolennadel des Magnetometers nicht direkt beeinflussen kann. Man schaltet soviel Widerstand ein, dass man eine geeignete Stromstärke erhält, die durch den Ausschlag der Tangentenbussole gegeben ist, und misst das Moment der Spule entweder durch Vergleichung mit dem Normalmagnet, oder ohne diesen unter der Voraussetzung bekannter Horizontalintensität. (Vergl. Aufg. 111.) Man ändert die Stromstärke mit Hülfe des Rheostaten und bestimmt wieder das Moment. Aus einer Reihe solcher zusammengehöriger Momente und Stromstärken bildet man die Quotienten $M : i$, die sich als constant erweisen. Der Wert F dieser Constanten ist nur abhängig von den Maassen der

Spule. Demnach kann die Vorrichtung dazu dienen Stromstärken nach der Gleichung $i = M/F$ zu bestimmen.

4. Versuche über die kleinste Ablenkung eines Lichtstrahles im Prisma.

Der diesen Versuchen zu Grunde liegende Apparat ist eine vereinfachte Form des im 3. Band dieser Zeitschrift, S. 1, beschriebenen Demonstrationsgoniometers; der Durchmesser der Platte ist nur 30 cm; der Umfang ist in halbe Grade geteilt, die Alhidaden haben keine Nonien. Neben dem dort beschriebenen Originalapparat, lasse ich häufig das sehr viel einfachere erste Modell mit gutem Erfolg benutzen. Bezüglich der Einrichtung und Aufstellung des Apparates für die Versuche verweise ich auf meine damalige Mitteilung und lasse hier einige Aufgaben folgen.

(Aufg. 89.) Wie hängt die Ablenkung, die ein Strahl beim Durchgang durch ein Prisma erfährt, von der Grösse des Einfallswinkels ab?

Man befestigt das Prisma auf der oberen Platte des Goniometertischchens, wie in Aufg. 84 beschrieben wurde, mit etwas Klebwachs; dann stellt man den glühenden Platindraht beispielsweise auf 315°, das Fernrohr auf 45° und dreht die Tischalhidade so, dass das von einer Prismenfläche erzeugte Spiegelbild der Lichtlinie auf den Index im Fernrohr fällt; in dieser Stellung klemmt man die Tischalhidade an, dann ist der Null-Radius das Einfallslot der einen Prismenfläche. Nachdem man die Lichtlinie auf 0 eingestellt hat, bringt man das Fernrohr auf die entgegengesetzte Seite des Prismas; damit ist der Apparat zum Versuch fertig. Man lässt nun den Einfallswinkel langsam wachsen, indem man mit dem Fernrohr nachgeht, bis zu der Stellung, bei der der gebrochene Strahl austritt; man stellt genau ein, liest Einfallswinkel und Ablenkung ab (der nichtgebrochene Strahl kann an der Prismenkante vorbei beobachtet werden) und notiert die Werte. Hierauf lässt man den Einfallswinkel beispielsweise von 3 zu 3° wachsen und bestimmt jedesmal die zugehörige Ablenkung.

Die gefundenen Zahlen werden graphisch dargestellt, indem man die Einfallswinkel als Abszissen, die Ablenkungen als Ordinaten im Coordinatenpapier einträgt.

(Aufg. 90.) Einfallswinkel und Brechungswinkel für den Durchgang des Strahles mit kleinster Ablenkung zu bestimmen.

Man bringt die Lichtlinie in solche Lage auf eine Seite des Prismas, dass Brechung eintritt, und sucht mit dem Fernrohr auf der anderen Seite den gebrochenen Strahl. Dann dreht man die Tischalhidade so, dass die Ablenkung kleiner wird, und verfolgt mit dem Fernrohr den gebrochenen Strahl; bald kommt ein Punkt, wo bei weiterer Drehung des Prismas die Ablenkung wieder wächst. Diese Stellung wird möglichst genau bestimmt und die Tischalhidade festgeklemmt; ebenso stellt man das Fernrohr möglichst genau auf den abgelenkten Strahl (Grenze zwischen Rot und Gelb) und klemmt fest. Hierauf dreht man den Arm mit der Lichtquelle auf dieselbe Seite wie das Fernrohr, und giebt ihm diejenige Lage, bei welcher der reflektierte Strahl an Stelle des gebrochenen in das Fernrohr gelangt; der halbe Winkel zwischen beiden Armen ist der Brechungswinkel. Nun bringt man den Lichtarm in seine erste Lage zurück, klemmt ihn dort fest, holt das Fernrohr auf dieselbe Seite und sucht die entsprechende Einstellung; der halbe gefundene Winkel ist der Einfallswinkel; er erweist sich als gleich dem Brechungswinkel.

Auf Grund der Thatsache, dass das Minimum der Ablenkung beim symmetrischen Durchgang des Strahles eintritt und dass diese Einstellung jederzeit leicht herbeigeführt werden kann, wird man nun die Gleichung $n = \sin(A+B)/2 : \sin B/2$ ableiten und zur Bestimmung von n benutzen (vergl. Aufg. 91).

5. Versuch über Stromstärke und elektromotorische Kraft.

Zum Nachweis, dass die Stromstärke der elektromotorischen Kraft proportional ist, dient folgende Vorrichtung, die auch zur Demonstration verwendet werden kann.

Sieben Eisen- und sechs Neusilberdrähte von 2 bis 3 mm Durchmesser und 24 cm Länge sind zickzackförmig zu einer Kette von 6 Thermoelementen verlötet und die zwölf Lötstellen 4 cm lang nach unten gebogen; diese Enden tauchen in zwölf Blechnäpfchen, die ungeradzahligen stehen auf einer gemeinsamen Holzbank, die geradzahligen auf je einem Drahtdreifuss mit untergestelltem Spirituslämpchen. Eine Querwand von Holz, die zugleich als Träger der Kette dient und die Endklemmen trägt, trennt die beiden Reihen.

Zur Anstellung des Versuches wird die Thermosäule mit dem Commutator, Rheostat und Galvanometer zu einem Stromkreis verbunden, die Blechnäpfe des ersten Elementes mit kaltem bezw. heissem Wasser gefüllt und unter letzterem die Spirituslampe entzündet; nunmehr wird der Rheostat so reguliert, dass ein passender Ausschlag entsteht, und derselbe notiert. Hierauf wird das zweite Element ebenso behandelt u. s. f. bis alle Elemente in Thätigkeit sind. Die Tangenten der Ausschläge erweisen sich als proportional der Elementenzahl. Genauere Resultate erhält man bei Anwendung von Schnee statt des kalten Wassers.

6. Versuch zum Archimedischen Satz.

Zum Nachweis des Archimedischen Satzes gebe ich den Schülern die folgende Vorrichtung: Eine dünnwandige, überall gleich dicke und gut cylindrische Glasröhre von 40 cm Länge und 20 mm Durchmesser ist unten halbkugelig zugeschmolzen, oben offen. In dieselbe ist eine Millimeterteilung auf Papier eingelegt, deren Nullpunkt um den halben Rohrdurchmeser vom tiefsten Punkt der Kuppe absteht, und mit etwas Siegellack befestigt. Ein dünnes Korkscheibchen, das bis zum unteren Ende hinabgeschoben ist, schützt die Kuppe vor Zerspringen beim Hinabwerfen von Schrot. Dazu gehört ein Standcylinder von 40 cm Höhe und 6 cm innerer Weite.

(Aufg. 11.) Nachweis des archimedischen Satzes. 1. Der Durchmesser des Rohres wird mit der Mikrometerdrahtlehre an mehreren Stellen gemessen und das Mittel genommen; ist dasselbe $2r$, so verdrängt die Spindel beim Eintauchen bis zum Punkt h der Teilung $r^2\pi h + {}^2/_3 r^3\pi$ Cubikcentimeter Wasser. 2. Das Rohr wird in den mit Wasser gefüllten Cylinder eingetaucht und solange Schrot eingefüllt, bis es eben aufrecht schwimmt, der Punkt, bis zu welchem es eintaucht, wird bestimmt. 3. Das Rohr wird herausgehoben, getrocknet und gewogen; sein Gewicht erweist sich als gleich dem Gewicht des verdrängten Wassers. 4. Das nämliche Ergebnis wird erhalten, wenn man mehr Schrot einfüllt und den Versuch wiederholt.

Ich habe mich bei der Auswahl der hier mitgeteilten Vorrichtungen und Aufgaben nicht ausschliesslich von der Erwägung leiten lassen, Neues zu bringen; da es sich ja in den meisten Fällen um altbewährte Methoden handelt, wäre das kaum möglich. Meine Absicht war vielmehr, an einigen Beispielen zu zeigen, wie diese bekannten Verfahren für unseren speziellen Zweck zu gestalten und experimentell durchzuführen sind, dann aber wünschte ich auch anzudeuten, wie dieselben didaktisch zu verwerten sind. Ich hoffe, dass ich diesen Zweck in den vorstehenden Mitteilungen einigermaassen erreicht habe.

Apparat zum Nachweise der Keil-Wirkung.

Von

Hans Hartl in Reichenberg (Deutschböhmen).

Bei Zusammenstellung des im Nachfolgenden beschriebenen Apparates ging ich von dem Wunsche aus, die Drucke, welche beide Seiten des Keiles auf die Widerstandsflächen ausüben, vor den Augen der Schüler messend nachzuweisen. Die Beobachtung beider Drucke ist schon beim gleichseitigen Keile zu wünschen, beim einseitigen aber, wo dieselben ungleich sind, geradezu zu fordern.

Der Apparat, mit welchem ich den angedeuteten Forderungen zu entsprechen glaube, ist in Fig. 1 abgebildet. Da derselbe fast durchaus symmetrisch gebaut ist, so wird sich seine Beschreibung im allgemeinen auf die eine Hälfte beschränken lassen. Der Winkelhebel *hk* ist aus Holz gefertigt und durch das Gewicht *g* so ausgeglichen, dass sein Schwerpunkt in die Drehaxe *o* (ω), welche an dem oberen Teile des Holzgestelles *G* angebracht ist, fällt. Der Hebelarm *k* trägt eine Rolle *R*, deren Axe von *O* ebensoweit absteht, als die in dem erweiterten Ende von *h* angebrachten drei Löcher 1, 2 und 3. Diese sind, ebenso wie das Loch 4, zur Aufnahme eines Stiftes, an welchem die Gewichte *Q* angehängt werden können, bestimmt. Als Gewichte empfehlen sich die bekannten Scheibengewichte von je 50 g. Solche Gewichte *p* können auch an einem an der Spitze des Keiles *K* sich befindenden Stifte angehängt werden. Der Keil *K* ist aus Holz gefertigt, an den Seiten dem Profile der Rolle entsprechend abgeschärft und auf ein Gewicht von 100 g abgeglichen.

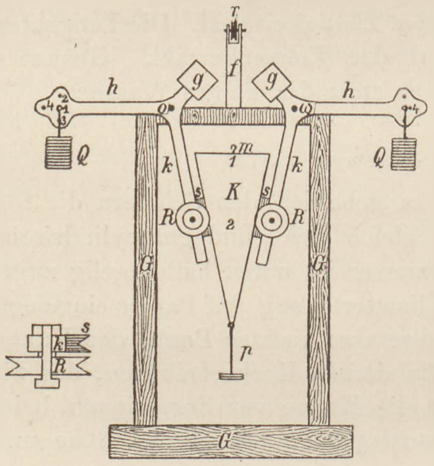


Fig. 1.

Nimmt man ein Scheibengewicht als Einheit an, so ist das Keilgewicht demnach $= 2$ zu setzen. Der Keil wird zwischen die beiden Rollen eingesetzt, durch angehängte Gewichte p belastet und nun durch Anhängen der Gewichte Q Gleichgewicht hergestellt. Nimmt man einen Keil, dessen Rücken $^4/_{10}$ der Seite beträgt, so wird man, wenn an den Keil zwei Scheibengewichte angehängt sind, durch die Belastungen $Q = 10$ das Gleichgewicht herstellen. Diese Drucke Q werden durch den gleicharmigen Winkelhebel auf die Seiten des Keiles unverändert übertragen, während lotrecht, also normal zum Rücken des Keiles, die um das Eigengewicht (2) des Keiles vermehrte Belastung $p - 2$, zusammen also die Belastung $P = 4$, wirkt. Es ist daher $P = {}^4/_{10}\, Q$, d. h. $P : Q =$ Rücken : Seite.

Will man das Eigengewicht des Keiles, das auf der Vorderfläche desselben mit grosser Ziffer angegeben ist, ausser Betracht bringen, so führe man eine an das Häkchen m befestigte Schnur über die von der verschiebbaren Stütze f getragene Rolle r und belaste sie am freien Ende mit 100 g.

Dem Apparate sind drei gleichseitige Keile beigegeben, bei welchen das Verhältnis des Rückens zur Seite beziehungsweise gleich 3 : 10, 4 : 10 und 5 : 10 ist. Da es für die scharfe Übereinstimmung des Versuches mit der Theorie nötig ist, dass die Hebelarme k in der Gleichgewichtseinstellung den Keilseiten parallel stehen, so ist die Axe ω des einen Winkelhebels an dem Gestelle G verschiebbar. Die den einzelnen Keilen entsprechende Einstellung (für die Keile 1 und 3 ist sie gemeinschaftlich) ist durch eine Marke und eine dabeistehende Ziffer bezeichnet, welche mit der unter dem Häkchen m angebrachten Nummer des Keiles übereinstimmt. Der Stift zur Aufnahme der Gewichte Q ist dann auch in das gleich nummerierte Loch des Hebelarmes h zu stecken.

Der vierte dem Apparate beigegebene Keil bildet ein rechtwinkliges Dreieck von den Seitenverhältnissen 3 : 4 : 5. Um das Auftreten eines den Keil drehenden Kräftepaares zu vermeiden, ist der Versuch so angeordnet worden, dass alle auf den Keil wirkenden Kräfte durch dessen Schwerpunkt s gehen, wie dies in Fig. 1a skizziert ist. Die Axe ω wird auf einem Holzklötzchen a befestigt, das auf das Gestell G aufgesetzt werden kann. Die Stifte, an welche die Gewichte $Q_1 = 10$ und $Q_2 = 8$ angehängt werden, sind in die Löcher 4 zu stecken. Dann sind bei der Gleichgewichtseinstellung die mathematischen Hebelarme dieser Gewichte gleich den Abständen der Rollenachsen von O, bezw. von ω, so dass die Drucke Q_1 und Q_2 unverändert auf die Seiten des Keiles übertragen werden. Die lotrecht zum Rücken des Keiles wirkende Kraft ist für das Gleichgewicht $= p + 2 = 6$, und es verhält sich $6 : 8 : 10 = 3 : 4 : 5$. Um mit Hilfe des beschriebenen Apparates die Kraft-Last-Verhältnisse am Keile auch unter Berücksichtigung gleitender Reibung nachweisen zu können, sind unter den Rollen auf die Hebelarme k zwei Holzklötzchen s (Fig. 1) von 3—4 cm Länge aufgeleimt, deren Profil jenem der Rollen genau entspricht. Der links von der Fig. 1 dargestellte Querschnitt lässt die Anordnung deutlich erkennen. Hängt man den Keil statt zwischen die Rollen zwischen die beiden Holzklötzchen ein, so kann man auch Versuche über die Kraft, welche den Keil am Herausspringen verhindert oder denselben unter Überwindung der Reibung eintreibt, oder auch über jene Kraft anstellen, welche einen durch Reibung festsitzenden Keil lockert.

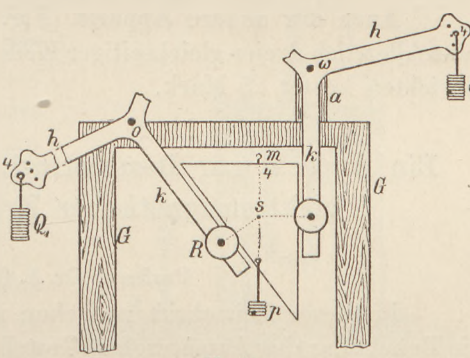


Fig. 1a.

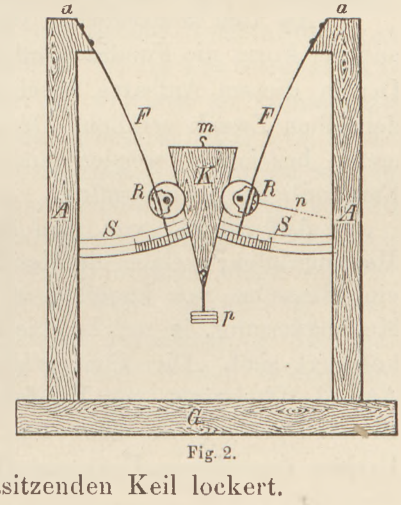


Fig. 2.

Ein anderer, die Gesetze der Keilwirkung nachweisender Apparat ist in

Fig. 2 dargestellt. Die Rollen R, zwischen denen der Versuchskeil eingehängt wird, werden von zwei Stahlfedern F getragen, an deren unteren, gabelförmig gestalteten Enden die Zapfenlager für die Rollen aufgeschraubt sind (Fig. 2a). Die Stahlfedern sind an den Verstärkungen a der in der Grundplatte G befestigten lotrechten Ständer A festgeschraubt und zeigen mit der einen zugespitzten Zinke Z (Fig. 2a) auf der Skala S den auf sie ausgeübten Druck an. (Diese Skala wird empirisch hergestellt, indem eine Schnur n hinter der Rollenaxe an der Feder F befestigt, über eine Rolle geleitet und am freien Ende mit verschiedenen Gewichten belastet wird. Die jeweilige Einstellung der Feder wird angemerkt und mit dem entsprechenden Gewichte bezeichnet.) Wird nun ein gleichseitiger Keil zwischen die Rollen eingesetzt und belastet, so geben die Federn direkt an der Skala den von den Seiten des Keiles auf sie ausgeübten Druck an. Die selbstthätige Einstellung des Apparates in das Gleichgewicht ist jedenfalls ein Vorzug desselben im Sinne von Zeitersparnis.

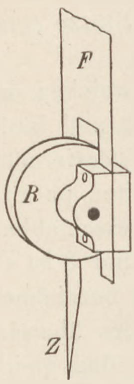


Fig. 2a.

Der in Fig. 1 dargestellte Apparat wird von der Firma Max Kohl in Chemnitz für 45 Mark (ausschliesslich der Gewichte) geliefert.

Auch der andere Apparat (Fig. 2) kann von derselben Firma für 36 Mark (einschliesslich dreier gleichseitiger Keile) bezogen werden. Ein Satz von 25 Scheibengewichten kostet 25 Mark.

Ein Apparat zur Demonstration der Wirkung magnetischer und elektromagnetischer Kräfte auf elektrische Ströme.

Von

Professor Dr. **A. Oberbeck** in Greifswald.

In dieser Zeitschrift ist schon mehrfach [1]) geltend gemacht worden, dass die Benutzung des Ampèreschen Gestells zur Demonstration der elektrodynamischen Fundamentalversuche mit mancherlei Unzuträglichkeiten verbunden ist. Das Gestell muss sicher aufgestellt und sorgfältig eingestellt werden. Es muss vor Erschütterung geschützt sein. Die einzuhängenden Drahtfiguren dürfen keine Verbiegungen erfahren haben. Endlich muss man ziemlich starke Ströme anwenden.

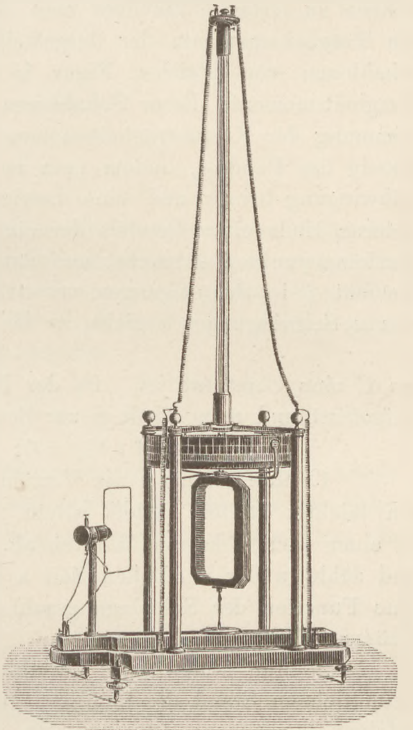
An den angeführten Stellen sind Vorrichtungen besprochen, welche in anderer Form die Fundamentalgesetze der Elektromagnete nachzuweisen gestatten. Der in diesem Aufsatze beschriebene Apparat (vergl. die beistehende Figur) soll denselben Zweck erfüllen. Derselbe kann vielleicht als Vorlesungselektrodynamometer bezeichnet werden und dürfte jedenfalls die Ampèreschen Gestelle an Empfindlichkeit übertreffen.

Auf einem, von drei Stellschrauben getragenen Grundbrett stehen vier Messingsäulen, welche ein Metallkreuz tragen. In der Mitte desselben erhebt sich eine Glasröhre von ungefähr 50 cm Höhe. Das obere Ende derselben enthält eine Messingfassung, in welche eine Hartgummischeibe passt, an der zwei Silberdrähte befestigt sind. Dieselben tragen ein rechteckiges Holzgestell, um welches eine Anzahl Windungen von Kupferdraht gelegt sind. Dasselbe wird also durch die Bifilarsuspension in einer bestimmten Lage im Gleichgewicht gehalten. Durch Drehen der oberen Hartgummiplatte kann man das Rechteck in eine beliebige

[1]) Jahrgang I S. 202; III S. 289; IV S. 84.

Ebene einstellen. Zur Vermeidung lang andauernder Schwingungen ist unten ein Drahtstück angesetzt, an welchem vier kleine Platten befestigt sind. Dieselben tauchen in ein Glasgefäss, welches mit Glycerin gefüllt ist. Da eine geringe Drehung des Rechtecks aus grösserer Entfernung nicht deutlich zu sehen ist, so sind oben an demselben vier kreuzförmig zu einander gestellte Zeiger angebracht, welche sich längs einer Teilung bewegen, die auf vier Ansätzen an den Messingsäulen ruht. Hierdurch ist dafür gesorgt, dass von allen Seiten und bei jeder Stellung des Rechtecks mindestens ein Zeiger deutlich sichtbar ist.

Der elektrische Strom wird durch zwei unten angebrachte Klemmschrauben zugeführt, geht von dort nach dem oberen Ende der Glasröhre und durch die Silberdrähte zu den Windungen des Rechtecks. Letzteres kann leicht abgenommen und durch andere Drahtcombinationen ersetzt werden.



$^1/_{10}$ nat. Gr.

Stellt man zunächst das Rechteck in die Ebene des magnetischen Meridians ein, so erfolgt bei Stromschluss (von zwei Groveschen Elementen) in Folge der Einwirkung des Erdmagnetismus eine Ablenkung von ungefähr 10° nach der einen oder anderen Seite. Hält man einen Magnetstab neben die eine vertikale Seite des Rechtecks, so sind die Ablenkungen sehr bedeutend. Sie wechseln ihr Zeichen, wenn man den einen Pol an die äussere oder innere Seite hält.

Für die elektrodynamischen Versuche ist es zweckmässig, das bewegliche Rechteck in eine Ebene senkrecht zum Meridian zu stellen, sodass beim Öffnen und Schliessen des Stromes durch den Erdmagnetismus keine Ablenkung erfolgt. Dann wird ein festes Stromgestell (in der Figur befindet sich dasselbe auf der linken Seite in seiner entferntesten Stellung) an die eine Seite des beweglichen Rechtecks herangeschoben. Ersteres ist an einer auf einem Holzschlitten verschiebbaren Säule angebracht. Der obere Teil derselben ist um eine vertikale Axe drehbar und trägt einen kleinen Hartgummicylinder, an welchem ein rechteckiger Draht oder auch ein rechteckiger Rahmen mit einer grösseren Zahl von Drahtwindungen befestigt ist. Derselbe kann um eine horizontale Axe gedreht werden. Rückt man ihn so an die eine Seite des beweglichen Rechtecks heran, dass die Drähte parallel sind, so erfolgt je nach der Stromrichtung Anziehung oder Abstossung. Die Wirkung wird kleiner, wenn die beiden Richtungen einen von Null verschiedenen Winkel bilden. Vorteilhaft ist es noch, wenn der zu dem festen Drahtgestell gehende Strom einen besonderen Connutator durchläuft, so dass man seine Richtung verändern kann, ohne diejenige des Stromes in dem beweglichen Teil umzukehren.

Bestimmung des Trägheitsmomentes durch Pendelschwingungen.

Von

Prof. J. Cramerius in Czernowitz.

Neben der rechnerischen Bestimmung des Trägheitsmomentes eines Körpers ist auch die experimentelle Bestätigung von Wert und führt bei complizierteren Körperformen am schnellsten zum Ziel. In der Statik ist es wichtig, den veränderlichen Wert des Trägheitsmomentes der Querprofile verschiedener auf Durchbiegung in Anspruch genommener Träger, oder der auf Torsion beanspruchten Wellen, Stäbe etc., bei sich gleichbleibender Flächengrösse in Bezug auf die durch den Schwerpunkt gehende Axe kennen zu lernen. Zeichnet man derlei Profile auf Zink oder Messingblech, so stehen die Trägheitsmomente der dargestellten Flächen und die der herausgeschnittenen Blechschablonen von gleicher Figur in einem bekannten Verhältnis. Kennt man also die Trägheitsmomente dieser Schablonen, so kennt man auch die der Profilflächen. Zur Bestimmung der Körperträgheitsmomente bedient man sich im vorliegenden Falle zweckmässig des Pendels, indem man an dieses die zu untersuchenden Körper befestigt, zur Schwingung bringt und eine bestimmte Zeit hindurch beobachtet. Denkt man sich am unteren Ende eines Pendels der einfachsten Form ein Gewicht p in der Entfernung l vom Aufhängepunkt angebracht, und dann nach Befestigung des Körpers mit dem Trägheitsmoment T in Schwingungen versetzt, wobei sich in einer bestimmten Zeit t eine Anzahl von n Schwingungen ergiebt, so besteht zwischen diesen Grössen eine Relation

$$f(T\,n\,l\,p\,C) = 0,$$

wo C eine Constante ist. In der Folge wird je eine der Grössen n, l, p als Variable aufgefasst und man erhält so zur Bestimmung des Trägheitsmomentes die drei Gleichungen:

$$\varphi_1(T\,n\,C_1) = 0; \quad \varphi_2(T\,l\,C_2) = 0; \quad \varphi_3(T\,p\,C_3) = 0.$$

1. Man nimmt n als Variable an, p und l constant. Zu dem Zweck lässt man ein leichtes steifes Pendel allein für sich schwingen und zählt die N Schwingungen in einer oder mehreren Minuten ab. Sodann verbindet man das Pendel mit dem Körper und zählt in der nämlichen Zeit n Schwingungen und erhält das Trägheitsmoment T als eine Function der Schwingungszahl n und einer Constanten C_1, in welcher die übrigen Grössen N, l, p enthalten sind.

2. Man nimmt l als Variable an, n und p constant. Das einfache Pendel schwingt beim tiefsten Stand des Laufgewichtes p. Nach Befestigung des Körpers mit dem Pendel erfolgen langsamere Schwingungen und man muss das Laufgewicht dem Aufhängepunkt bis zur Entfernung l nähern, bis isochrone Schwingungen erfolgen. T ist hier Function der Entfernung l und einer Constanten C_2.

3. Das untere Gewicht p ist variabel, n und l constant. Das Pendel erhält am unteren Ende eine flache Metallplatte zur Aufnahme der Gewichte p. Für sich allein in Schwingungen versetzt, macht es deren eine bestimmte Anzahl in einer gegebenen Zeit. Nach Verbindung mit dem Körper schwingt es langsamer, bis das richtige Gewicht p dieselbe Schwingung wie früher ergiebt. Hier ist T eine Function von p und einer bestimmten Constanten C_3.

Das Pendel wird schliesslich genau in seinem Schwerpunkt aufgehängt und sein Trägheitsmoment in Bezug auf diesen genau ermittelt. An das untere Ende wird nun eine Schale von solchem Gewicht befestigt, dass dessen Zahlenwert gleichkommt dem Zahlenwert des Trägheitsmomentes des Pendels. Dasselbe giebt in einer bestimmten Zeit eine gewisse Schwingungszahl. Verbunden mit dem Körper, schwingt es langsamer, bis das richtige Gewicht auf die untere Schale gelegt, dieselbe Schwingungszahl hervorbringt. In diesem Fall ist der Zahlenwert des Körperträgheitsmomentes T gleich dem Zahlenwert des aufgelegten Gewichtes p.

I.

Ein Pendel von unveränderlicher Form mit dem Trägheitsmoment T und dem Kraftmoment M in Bezug auf den Aufhängepunkt A schwinge eine Zeit von t Sekunden hindurch. Wenn in dieser Zeit n Schwingungen vollbracht werden, so ist die Dauer einer solchen

$$\frac{t}{n} = \pi \sqrt{\frac{T}{M}}.$$

Werden nun nach einander mehrere aus Holz, Zink, Blei oder einem anderen Material angefertigte Scheiben von beliebiger Form und beliebigem Gewicht derart mit dem Pendel verbunden, dass ihr Schwerpunkt mit dem Aufhängepunkt in horizontaler Axe zusammenfällt und sie die Schwingung mit dem Pendel mitmachen müssen, so wird sich für einen bestimmten Fall eine Schwingungszahl n für die constant bleibende Zeitdauer t ergeben und man erhält, wenn man mit T_1 das der Scheibe zugehörige Trägheitsmoment in Bezug auf den Schwerpunkt nennt:

$$\frac{t}{n_1} = \pi \sqrt{\frac{T + T_1}{M}},$$

woraus $(T + T_1) n_1^2 = T n^2$ und

$$\frac{T_1}{\left(\frac{n}{n_1}\right)^2 - 1} = T.$$

Da aber T constant ist, so kann man entweder aus dem vorher genau ermittelten und bekannten Trägheitsmoment T_0 einer Scheibe von der einfachsten Form und sichergestellter Homogenität und den während längerer Zeit und wiederholt genau abgezählten Schwingungszahlen n und n_0 das Trägheitsmoment T des Pendels ein- für allemal genau bestimmen, wonach sich für andere beliebige Scheiben ergiebt

$$\frac{T_1}{\left(\frac{n}{n_1}\right)^2 - 1} = \frac{T_0}{\left(\frac{n}{n_0}\right)^2 - 1} = T,$$

oder man bestimmt eine grössere Reihe m von Trägheitsmomenten $T_1\ T_2\ T_3 \ldots.$ sammt den dazu gehörigen Schwingungszahlen $n_1\ n_2\ n_3 \ldots.$, und erhält auf Grund dieser Werte die verschiedenen Werte $T'\ T''\ T''' \ldots$ für das Pendelträgheitsmoment, woraus dann einfach das arithmetische Mittel genommen wird:

$$T = \frac{T' + T'' + T'''}{m}.$$

Bezeichnet man mit V das Flächenträgheitsmoment der Scheibe in Bezug auf den Flächenschwerpunkt, oder das Torsionselement, mit P das Gewicht der Scheibe, mit F ihre Fläche, also mit $\gamma = P/F$ das auf die Flächeneinheit entfallende Gewicht und mit g die Acceleration, so wird $T_1 = V . \gamma/g$, also

$$\frac{V\gamma}{\left(\frac{n}{n_1}\right)^2 - 1} = Tg.$$

In ähnlicher Weise wie früher lassen sich unbekannte Torsionselemente mittelst bekannter finden; haben überdies alle Scheiben dieselbe Stärke, Dichtigkeit und Homogenität, d. h. ist für eine Reihe von Beobachtungen γ constant, indem etwa alle Scheiben aus demselben gewalzten Blech herausgeschnitten werden, so wird für solche Blechschablonen:

$$\frac{V}{\left(\frac{n}{n_1}\right)^2 - 1} = T . \frac{g}{\gamma} = \text{const.}$$

Für den Versuch wurde ein 2,8 cm breites, 17 cm langes und 0,3 cm starkes Leistchen aus Rotbuchenholz in Verbindung mit einem 40 cm langen und 1 mm starken Neusilberdraht als Pendel mit dem Gesamtgewicht von 13,74 g benützt. Eine in O (Fig. 1) befestigte Stahlnadel bildete die Drehungsaxe.

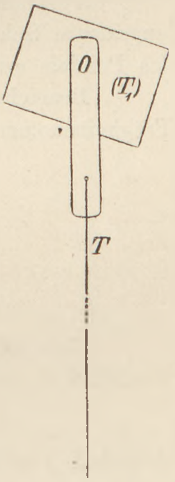


Fig. 1.

Mehrere Scheiben von quadratischer, rechteckiger, kreisförmiger und sonstiger Form, von verschiedener Stärke, aus weichem und hartem Holz, wurden, wie in der Figur angedeutet, mit dem Pendel verbunden. Der geometrische Schwerpunkt fiel selbstverständlich nie genau mit dem physischen zusammen, auch die Ablesung der Zeit erfolgte nur in ganzen Sekunden während einer Minute, was namentlich dann von grossem Nachteil ist, wenn bei kleinerem Trägheitsmoment der Scheibe der Zahlwert n_1 sich n, also $\left(\frac{n}{n_1}\right)^2$ sich der Einheit nähert. Auch die Reibung der gewöhnlichen Nadel als Drehaxe auf dem weichen Holzlager ist eine Quelle von Fehlern, welche bei einer grösseren Schwingungszahl immerhin ins Gewicht fällt. Trotz dieser Mängel des einfachen Apparates ergab sich eine leidliche Übereinstimmung in den Werten der Constante T oder Tg.

Das völlig unbelastete Pendel vollführte 109 Schwingungen in der Minute; zu den Versuchen wurden 12 verschiedene Platten aus Ahorn- oder Fichtenholz von teils quadratischer, teils achteckiger, teils kreisförmiger Gestalt benutzt. Als Mittelwert ergab sich, in C. G. S. Einheiten ausgedrückt, $Tg = 2056$,
und daraus das Trägheitsmoment des Pendels bei $g = 981$

$$T = 2{,}096.$$

Eine quadratische Scheibe vom Gewicht $P = 20{,}18$ g ergab z. B. 102 Schwingungen. Ihr Trägheitsmoment war also

$$T_1 = T\left[\left(\frac{n}{n_1}\right)^2 - 1\right] = 2{,}096\left[\left(\frac{109}{102}\right)^2 - 1\right] = 0{,}345$$

daher $F = 104{,}9\ \text{cm}^2$, und $S = 10{,}2$ cm die Quadratseite. Beim Nachmessen zeigte sich wirklich eine Seitenlänge von etwa 10,2 cm.

Das Torsionselement für diese Fläche war demnach

$$V = \frac{Tg}{\gamma}\left[\left(\frac{n}{n_1}\right)^2 - 1\right] = Tg \cdot \frac{F}{P}\left[\left(\frac{n}{n_1}\right)^2 - 1\right] = 66{,}25.$$

Es ist ratsam, nur Metallplatten zu verwenden und das Pendelchen durch eine Kraft längere Zeit in Oscillation zu erhalten. Ein Zählwerk könnte überdies eine hinlänglich grosse Anzahl Schwingungen bekannt geben und ein stets dieselbe Zeit funktionierender Chronostat die Pendelbewegung sowohl einleiten als einstellen.

II.

Wendet man ein Pendel von variabler Länge an, mit einer verschiebbaren Bleikugel am unteren Ende, bezeichnet Pendellänge und Schwingungsdauer mit l und τ, so ist

$$\tau = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Verbindet man auch dieses Pendel wie früher mit den Scheiben, so ergeben sich langsamere Schwingungen, die ihre vorige Grösse erst nach entsprechender Verkürzung des Pendels erreichen.

Bezeichnet man mit p das Bleigewicht, mit e die neue Pendellänge, mit T das Trägheitsmoment der Scheibe, so wird

$$\frac{\frac{pe^2}{g} + T}{pe} = \frac{l}{g}, \quad \text{also} \quad \frac{T}{e(l-e)} = \frac{p}{g} \quad \text{und} \quad \frac{V\gamma}{e(l-e)} = p.$$

Für $e_{\max} = l$ wird $T_{\min} = o$, $V_{\min} = o$.

Für $e_{\min} = \frac{l}{2}$ wird $T_{\max} = \frac{p}{g}\left(\frac{l}{2}\right)^2$ und $V_{\max} = \frac{p}{\gamma}\left(\frac{l}{2}\right)^2$.

So wird beispielsweise für die grösste verwendbare quadratische Scheibe mit dem Gewichte P und der Seitenlänge S:

$$P_{\max} = \frac{3}{2} \cdot p\left(\frac{l}{s}\right)^2.$$

Also bei Anwendung einer Bleikugel von $p = 10$ g Gewicht und bei der Maximallänge von $l = 60$ cm wird $P = 540$ g für eine Seitenlänge von $S = 10$ cm, und $P = 135$ g für $S = 20$ cm.

Zum Versuch diente ein 10 cm langes, an den Enden 2, in der Mitte 6 mm breites, rautenförmiges Holzleistchen von etwa 2 mm Stärke und 0,7 g Gewicht; eine

Stahlnadel, im Schwerpunkt befestigt, diente zur Drehaxe, an welcher die Scheiben befestigt wurden. An beiden Enden a und b (Fig. 2) war ein Faden angeknüpft, dessen etwa 60 cm tief hängende Mitte mit einer über 6 g schweren, durchlöcherten Spitzkugel c versehen war und welche durch Lüften eines kleinen Holzpropfens die gewünschte Verschiebung der Bleikugel gestattete. Dieses Fadenpendel schwingt fast isochron mit einem einfachen Fadenpendel von derselben Länge, denn die Schwingungsdauern beider verhalten sich zu einander wie

$$7{,}0717 : 7{,}0711,$$

oder der Unterschied zweier solcher isochron schwingender Pendel beträgt bei einer Länge von 50 cm nur 0,001 cm, eine für die Praxis irrelevante Grösse, und nimmt mit Verlängerung des Pendels noch ab.

Im vorliegenden Falle betrug die Anfangslänge gegen 58,8 cm, die Schwingungszahl 157 in 2 Minuten. Die Entfernungen l und e sind bei der kleinen, teilweise hohlen Spitzkugel mehr abgeschätzte Werte, auch die Sekunden wurden ohne Rücksicht auf Bruchteile abgezählt, und weil auch die fehlerhaften Holzscheiben von ungleicher Dichte von grossem Einfluss auf das Resultat sind, so ist auch hier nur eine mässige Genauigkeit zu erzielen.

Aus Versuchen mit fünf quadratischen Scheiben von 10 bis 18 cm² wurde unter Zugrundelegung des berechneten Wert von T die Grösse von p gemäss der Formel

$$p = \frac{Tg}{e(l-e)}$$

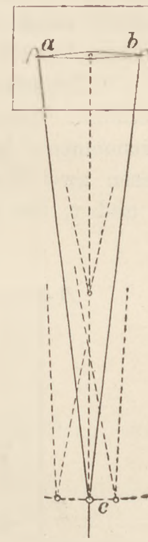


Fig. 2.

berechnet. Die ermittelten Werte schwankten von 5,22 bis 7,13 g und lieferten den Durchschnittswert 5,75 g.

Bequemer ist es, die Pendellänge an einem steifen, festen und leichten Pendelstab (Buchsbaumholz, Celluloid, Aluminium) AB (Fig. 3) abzulesen, an dem ein Gewichtchen B federnd oder mit sanfter Reibung den Stab entlang beliebig verschoben werden kann.

Bezeichnet man mit T und M das Trägheits- und Kraftmoment des Stabes, mit T_0, P, e_0 das Trägheitsmoment, Gewicht und Entfernung des Körper B von A bei der Anfangslage, mit e eine andere beliebig Entfernung, und mit T_1 das Trägheitsmoment der Scheibe, wobei die Dauer einer Schwingung beim Pendel mit und ohne Scheibe constant bleiben soll, so ergiebt sich:

$$\tau_0 = \pi \sqrt{\frac{T+T_0}{M+Pe_0}} = \pi \sqrt{\frac{T + \frac{Pe^2}{g} + T_1}{M+Pe_0}}\text{, daher}$$

$$T_1 = \frac{T+T_0}{M+Pe_0} \cdot M - T + \frac{T+T_0}{M+Pe_0} \cdot P \cdot e - \frac{P}{g} \cdot e^2\text{, oder}$$

$$T_1 = A + Be - Ce^2$$

als Gleichung einer Parabel, wo

$$A = \frac{T+T_0}{M+Pe_0} \cdot M - T = \left(\frac{\tau_0}{\pi}\right)^2 M - T$$

$$B = \frac{T+T_0}{M+Pe_0} \cdot P \cdot - = \left(\frac{\tau_0}{\pi}\right)^2 P$$

$$C = \frac{P}{g},$$

welche Constanten sehr gut versuchsweise gefunden werden können.

Für $l_{max} = l_0$ wird $T_{min} = 0$

„ $l_{min} = \frac{B}{2C}$ „ $T_{max} = \frac{B^2}{4C} + A.$

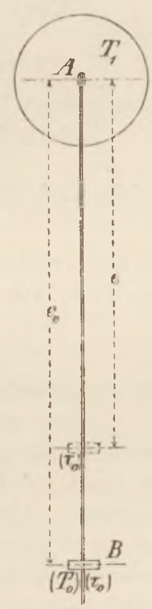


Fig. 3.

Die Parabel lässt sich leicht construieren, wenn man $2\,(e_{max} - e_{min})$ als Sehne und $h = \frac{B^2}{4C} + A$ als Scheitelhöhe nimmt.

Für den Versuch wurde ein etwa 0,5 cm breiter und 65 cm langer Pendelstab aus Ahornholz (Fig. 4) verwendet. In einer Entfernung von 18 mm vom Kopfende wurde im Aufhängepunkt A eine Stahlnadel festgemacht. Das untere Ende wurde mit einem genau 20 g schweren Holzklötzchen versehen, das als Laufgewicht benutzt wurde und deshalb einen bis über die Mitte reichenden Sägeschnitt erhielt, der das Heben und Senken des Klötzchens mit sanfter Reibung gestattete.

Zunächst wurde das Trägheitsmoment T und Kraftmoment M des Pendelstabes bestimmt. Bezeichnet man mit P das Gewicht des Klötzchens, mit T_2 und T_1 seine Trägheitsmomente in den Entfernungen l_2 und l_1 vom Aufhängepunkt, mit n_2 und n_1 die in diesen zwei Positionen sich ergebenden Schwingungszahlen in gleichen Zeiträumen, mit τ_2 und τ_1 die entsprechenden Schwingungsdauern, so ergab sich:

$$\text{bei } l_1 = 40 \text{ cm}, \quad n_1 = 189, \quad \tau_1 = 0{,}637, \quad T_1 = 32{,}62$$

$$\text{„} \quad l_2 = 60 \text{ „} \quad n_2 = 158, \quad \tau_2 = 0{,}7595, \quad T_2 = 73{,}395$$

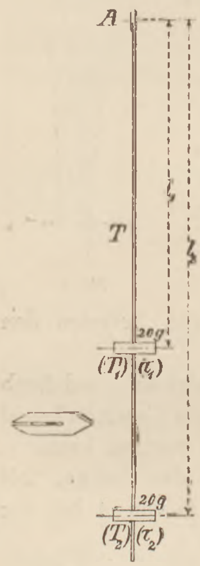


Fig. 4.

$$\text{also } M = \frac{\pi^2 (T_2 - T_1) - P(l_2 \tau_2^2 - l_1 \tau_1^2)}{\tau_2^2 - \tau_1^2}$$

$$\text{oder } M = 206{,}3 \text{ cg}.$$

Weil aber die Schwingungszahl N des Pendels allein 185 in 120 Sekunden, also die Dauer einer Schwingung

$$\tau = \pi \sqrt{\frac{T}{M}} = 0{,}6486 \text{ Sek. betrug,}$$

so erhält man für das Trägheitsmoment des Pendelstabes

$$T = 8{,}795.$$

Nachdem diese zwei Grössen gefunden worden, wurde das Laufgewicht in 60 cm Entfernung von A herabgeschoben. Bezeichnet man diese tiefste oder Anfangslage mit e_0, mit n_0 die zugehörige Schwingungszahl, mit τ_0 die entsprechende Schwingungsdauer des Pendels samt Gewicht, mit T_0 das Trägheitsmoment, so ist bei

$$e_0 = 60 \text{ cm}, \quad Pe_0 = 1200, \quad M = 206{,}62,$$

$$T = 8{,}795, \quad T_0 = 73{,}395$$

$$\left(\frac{\tau_0}{\pi}\right)^2 = \frac{T + T_0}{M + Pe_0} = 0{,}0584,$$

welche Zahl richtig wieder

$$n_0 = 158$$

Schwingungen in 120 Sekunden entspricht, welche schon früher thatsächlich erhalten wurden.

Die frühere Gleichung

$$T_1 = A + Be - Ce^2$$

ergiebt nach Einsetzung der Werte:

$$A = 3{,}271, \quad B = 1{,}168, \quad C = 0{,}0204$$

für die Trägheitsmomente: $T_1 = 0,\ 2,\ 4,\ 6\ \ldots$

die Werte von $e = 60,\ 58{,}3,\ 56{,}6,\ 54{,}8\ \ldots$

$$\text{Für } l_{\max} = 60 \text{ cm ist } T_1 = 0.$$

$$\text{„} \quad l_{\min} = 28{,}6 \text{ cm „} \quad T_{\max} = 20{,}03 \text{ cg}.$$

Die Parabelsehne ist hier 62,75 cm, ihre Höhe 20,03 cm, wenn 1 cg = 1 cm.

Zwei mit diesem so hergerichteten Pendel vorgenommene Versuche gaben folgendes Resultat: Eine Holzscheibe mit dem vorher berechneten und erprobten Trägheitsmoment von rund 3,5 an das Pendel befestigt und das Klötzchen bis zum Teilstrich 3,5 erhoben, veranlasste 158 Schwingungen. Ein wenig höher geschoben ergaben sich 159, etwas tiefer 157 Schwingungen.

Eine Holzscheibe von 221,2 g Gewicht, 11,8 cm Breite, 16,3 cm Länge mit dem Trägheitsmoment 7,4 gab bei der Verschiebung des Gewichtes bis zum Teilstrich 7,4 genau 158 Schwingungen, bei geringer Erhebung des Gewichtes erhielt man 160, bei geringer Senkung 156 Schwingungen, womit also ein so hoher Empfindlichkeitsgrad erwiesen ist, als bei den aufgezählten Mängeln überhaupt möglich ist.

Bei constantem γ könnten statt der Werte von T_1 am Pendelstab Werte von V, also die Torsionselemente der Scheibenflächen aufgetragen werden, oder auch jedes auf einer Seite.

Ein Pendelstab aus Aluminium mit dem spec. Gew. 2,67 ?, 1 cm Breite, 65 cm Länge und 0,1 cm Stärke, wurde mit einem Laufgewicht von 40 g versehen, der Aufhängepunkt lag 30 cm über dem in der Stabmitte angenommenen Schwerpunkt; die Anfangslage des Laufgewichts aber 60 cm tiefer. Mit Beibehaltung der bisherigen Bezeichnung ergab sich

$$p = 17{,}355, \quad M = 520{,}65, \quad T = 22{,}15$$
$$P = 40{,}\text{—}, \quad Pe_0 = 2400{,}\text{—}, \quad T_0 = 146{,}79$$
$$\frac{T + T_0}{m + Pe_0} = 0{,}057843 = \left(\frac{\tau}{\pi}\right)^2, \quad \tau = 0{,}7555 \text{ Sekunden}$$

$N = 1000$ Schwingungen in 755 Sekunden,

$A = 7{,}966, \quad B = 2{,}314, \quad C = 0{,}0408,$ also

$$e = 12{,}25\left[2{,}314 + \sqrt{5{,}355 + 1{,}632\,(7{,}966 - T_1)}\right].$$

Für $l_{min} = 28{,}36$ cm wird $T_{max} = 32{,}81$.

Im Falle, dass die Abhängigkeit des Trägheitsmomentes von der Pendellänge genau angegeben werden soll, liesse sich folgende Vorrichtung herstellen:

An einem und demselben aufrechtstehenden Zifferblatt mit 400 Teilstrichen befinden sich zwei feine von einander unabhängige Zeiger z_1 und z_2, welche durch eigene Kräfte getrieben werden. Der eine, durch das Untersuchungspendel p regulierte Zeiger zeigt variable Geschwindigkeiten, je nach Lage des Laufgewichtes. Der andere hat eine constante Gechwindigkeit, welche mit derjenigen des ersten Zeigers völlig übereinstimmt, wenn das Laufgewicht des zu diesem gehörigen Pendelstabes die tiefste Stelle einnimmt, und der Stab sonst unbelastet ist. In dieser Übereinstimmung der Geschwindigkeiten decken einander die beiden Zeiger im Verlaufe einer länger andauernden Bewegung.

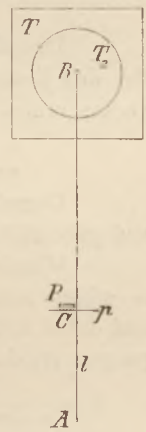


Fig. 5.

Wird nun das eine Pendel mit dem auf T zu prüfenden Körper belastet, so verringert sich seine Schwingungszahl, der erste Zeiger bleibt zurück, die Divergenz wird immer grösser; deshalb muss das Laufgewicht sofort gehoben werden, wodurch wieder eine Näherung beider Zeiger veranlasst wird. Decken sie nun einander, so muss das Gewicht wieder etwas gesenkt werden etc. So wird die richtige Momentenstelle abgewogen, bis endlich beide Zeiger einen oder zwei Umkreise in vollkommen gleicher Geschwindigkeit zurücklegen. Der hierbei von dem Laufgewicht angezeigte Strich zeigt den richtigen Wert von T an.

III.

Bezeichnet man mit T_1, M, τ das Trägheitsmoment, Kraftmoment und die Schwingungsdauer eines Pendelstabes AB (Fig. 5), welcher bei C in der Entfernung $BC = l$ eine dünne Metallscheibe vom Gewicht p trägt und mit T_2 das Trägheitsmoment einer mit dem Pendelstabe verbundenen kreisförmigen Scheibe, und setzt

$$T_0 = T_1 + T_2,$$

so wird
$$\tau = \pi \sqrt{\frac{T_0 + \frac{pl^2}{g}}{M + pl}}.$$

Befestigt man die Scheibe mit dem zu untersuchenden Trägheitsmoment T in ihrem Schwerpunkt an dem Pendel, so erfolgen langsamere Schwingungen, welche ihre frühere Höhe erreichen, wenn auf die erwähnte Metallscheibe ein bestimmtes Gewicht P aufgelegt wird. Die Scheibe C und das Gewicht P müssen beide ganz flach sein. Man erhält dann für dieselbe Schwingungsdauer:

$$\tau = \pi \sqrt{\frac{T_0 + \frac{pl^2}{g} + \frac{Pl^2}{g} + T}{M + pl + Pl}},$$

und daraus

$$Pl\left(\frac{pl^2}{g} + T_0\right) = (M + pl)\left(\frac{Pl^2}{g} + T\right), \text{ oder}$$

$$T = P.\frac{l(gT_0 - Ml)}{g(M + pl)}$$

für $T = P$ wird

$$\frac{l(gT_0 - Ml)}{g(M + pl)} = 1,$$

also

$$l = \frac{1}{2M}\left[g(T_0 - p) \pm \sqrt{g^2(T_0 - p)^2 - 4M^2g}\right].$$

Für $T_0 - p > \frac{2M}{\sqrt{g}}$ erhält man zwei Werte l_1 und l_2;

für $T - p = \frac{2M}{\sqrt{g}}$ bloss einen Wert $l = \sqrt{g} = 31{,}32$ cm.

Zum Versuch wurde ein etwa 60 cm langer schwacher Pendelstab AB in Schwingungen versetzt und diese nach 2 Minuten abgelesen. Die Anzahl derselben betrug $n = 185$, also die Schwingungsdauer 0,648. — Hierauf wurde ein bekanntes Gewicht von 20,08 g in den Entfernungen 60 und 39 cm angehängt und die Schwingungszahlen 158 und 191 abgelesen. Die Trägheitsmomente betrugen 73,69 und 31,13 und danach

$$M = 190{,}3, \text{ und } T_1 = 8{,}07.$$

Dasselbe wurde nun versucht, nachdem die Scheibe (T_2) angefügt worden war. Bei den Entfernungen 60 und 39 cm ergaben sich jetzt 149 und 169 Schwingungen und daraus erhielt man

$$T_2 = 10{,}37,$$

$$\text{und } T_0 = T_1 + T_2 = 18{,}44, \text{ also } p = 18{,}44 - 0{,}0638\, M = 6{,}3 \text{ g}.$$

Dasselbe Pendel erhielt nun eine kleine Holzscheibe mit dem Gewicht $p = 6{,}3$ g und gab 153 Schwingungen in 2 Minuten.

Wurde eine Scheibe mit dem zu untersuchenden Trägheitsmoment T mitverbunden, so erhielt man 141 Schwingungen. — Auf die Scheibe wurden dann $P = 7$ g aufgelegt, und dabei 159 Schwingungen erhalten, bis nach einigen Versuchen 5,5 g etwa 153 Schwingungen ergab. Demnach wäre

$$T = P = 5{,}5.$$

In der That betrug das Trägheitsmoment $T = 5{,}6$.

Bei einem anderen Versuch war

$$T_1 = 8{,}795, \; T_2 = 14{,}98, \text{ also } T = 23{,}77 \text{ und } M = 206{,}3, \text{ also } p = 10{,}6 \text{ g}.$$

Ohne Gewichte und Scheibe ergaben sich bei einer Scheibe 153 Schwingungen, mit Scheibe allein 150. Dieselben nahmen bis 153 zu, bei 1,7 g ab, also

$$T = P = 1{,}7.$$

Thatsächlich betrug das Trägheitsmoment etwa 1,68.

Für $M = o$ wird $p = T_0$ und $T = P$ bei beliebiger Pendellänge; giebt man also der Schale ein solches Gewicht in Grammen, als das Trägheitsmoment des Pendels beträgt, so giebt das aufgelegte Grammgewicht auch sofort das Trägheitsmoment der zu prüfenden Scheibe an.

Noch anders liesse sich das Trägheitsmoment T eines Körpers mittelst eines passenden physischen Pendels bei bestimmter Schwingungszahl bestimmen

Bezeichnet t das Trägheitsmoment, m das Kraftmoment des Pendels in Bezug auf den Aufhängepunkt und τ die Dauer einer Schwingung des Pendels, so ist

$$\tau = \pi \sqrt{\frac{t}{m}}.$$

Befestigt man an diesem einen Körper k und bezeichnet T' dessen Trägheitsmoment in Bezug auf denselben Aufhängepunkt, T sein Trägheitsmoment in Bezug auf seinen Schwerpunkt, A den Abstand des letzteren vom Aufhängepunkt, P das Gewicht des Körpers k und τ' die Schwingungsdauer des Systems, so wird

$$\tau' = \pi \sqrt{\frac{T' + t}{PA + m}}.$$

Verschiebt man versuchsweise den Körper im Schlitz des Pendels derart, dass die Schwingungen des belasteten und unbelasteten Pendels isochron sind, dann wird

$$\frac{T' + t}{PA + m} = \frac{t}{m} = C,$$

daher $T' = PA \,.\, C$, und $T' = PA\,(C - A/g)$, also constant.

Man könnte hiernach verschiedene technisch wichtige Trägerprofile aus einem 2 mm starken Messingblech ausschneiden und zur Bestimmung des Trägheitsmomentes in Bezug auf die Neutralaxe im Schlitz des mit Millimeter-Teilung versehenen, langsam schwingenden Pendels senkrecht zur Schwingungsebene befestigen.

Die Bewegung der Doppelsterne.

Von

Dr. **A. Schülke** in Osterode (Ostpr.).

Während die Herleitung des Newtonschen Gesetzes aus den Keplerschen Gesetzen sehr vielfache Bearbeitung gefunden hat[1]), geben die Schulbücher selten einen Hinweis, dass das dritte Keplersche Gesetz nur annähernd richtig ist, oder dass bei der Planetenbeweguug eine gegenseitige Einwirkung stattfindet. Nun kommt man zwar den wirklichen Verhältnissen sehr nahe, wenn man die Sonne als stillstehend betrachtet, aber es bleibt immerhin ein Fehler, wenn der Satz von Wirkung und Gegenwirkung vernachlässigt wird. Da sich nun der allgemeine Fall fast ohne jede Rechnung zur Darstellung bringen lässt, wenn man nur voraussetzt, dass der Schwerpunkt seine Lage beibehält, will ich die Planetenbewegung von diesem Gesichtspunkte aus kurz behandeln, zumal man hierin ein geeignetes Beispiel für den wichtigen Begriff der relativen Bewegung hat, und man ausserdem die Ergebnisse noch auf die Bewegung der Doppelsterne anwenden kann, welche gerade jetzt — durch die Entdeckung der Verschiebung der Spektrallinien bei Algol, β im Fuhrmann u. s. w. — besonderes Interesse erlangt hat.

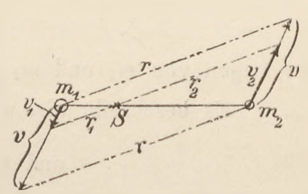


Fig. 1.

Es sei aus der Bahn des Planeten um die als stillstehend gedachte Sonne abgeleitet (wenn M die Sonnenmasse, f die Gravitationsconstante, T die Umlaufszeit des Planeten m, a die grosse Halbaxe und r den Brennstrahl bedeutet)

$$\text{die Beschleunigung} \quad \beta = \frac{4\pi^2 a^3}{T^2} \cdot \frac{1}{r^2} = \frac{Mf}{r^2}$$

$$\text{und die Geschwindigkeit } v^2 = \frac{4\pi^2 a^2}{T^2} \cdot \frac{2a - r}{r} = 2Mf\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{2a}\right),$$

oder umgekehrt aus $\beta = Mf/r^2$ die elliptische Bahn: dann erhält man (wenn m_1 und m_2 die Massen der beiden Körper sind) durch Anwendung des Newtonschen Gesetzes

$$\text{für} \quad m_1 \text{ die Beschleunigung } \beta_1 = \frac{m_2}{r^2} f$$

$$\text{und für } m_2 \quad " \quad " \quad \beta_2 = \frac{m_1}{r^2} f.$$

---

[1]) Eine Litteraturangabe über die Herleitung des Newtonschen Gesetzes findet man z. B. in der Zeitschr. f. math. Unterr. 1887, S. 481, eine sehr elegante Ableitung von Dr. Ed. Maiss ist in d. Zeitschr. Jahrgang V, S. 71 erwähnt; einen analytischen Beweis, der nur die Ausrechnung von Gleichungen mit mehreren Unbekannten erfordert, gab der Verfasser in der Zeitschr f. math. Unterr. 1892 S. 245.

Hieraus folgt aber, wenn man den einen Körper als ruhend ansieht, für den anderen die Beschleunigung $\beta = \beta_1 + \beta_2 = \frac{m_1 + m_2}{r^2} f$; die Bahn des einen Körpers um den andern wird also eine Ellipse, für welche die Gleichungen gelten

$$\beta = \frac{4\pi^2 a^3}{T^2} \cdot \frac{1}{r^2} = \frac{m_1 + m_2}{r^2} f$$

$$v^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{T^2} \cdot \frac{2a - r}{r} = 2(m_1 + m_2) f \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{2a}\right)$$

Die erste Gleichung zeigt, dass der Ausdruck a^3/T^2 für zwei Planeten, deren Massen ungleich sind, verschieden sein muss; da aber die Beobachtung (das dritte Keplersche Gesetz) ergiebt, dass dies Verhältnis nahezu unveränderlich bleibt, so muss die Masse der Planeten gegenüber der der Sonne sehr klein sein.

Die Geschwindigkeiten der beiden Körper v_1 und v_2 findet man aus der Bedingung, dass der Schwerpunkt seine Lage beibehalten soll; denn aus diesem Grunde müssen v_1 und v_2 zu jeder Zeit parallel aber entgegengesetzt gerichtet sein, also $v = v_1 + v_2$ und ausserdem $v_1 : v_2 = m_2 : m_1$ (s. Fig. 1).

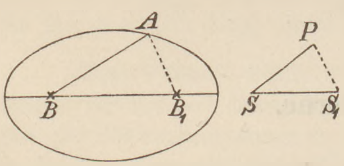


Fig. 2.

Man erhält also aus der relativen die absolute d. h. die bei ruhendem Schwerpunkte stattfindende Bewegung, wenn man dafür Sorge trägt, dass β_1, β_2, v_1 und v_2 in jedem Augenblicke die durch die obigen Gleichungen bestimmten Werte erhalten. Dies geschieht auf folgende Weise:

Es sei bei ruhendem m_1 der Punkt m_2 nach A im Abstande r gekommen (s. Fig. 1 und 3), dann zieht man durch den Schwerpunkt S zu Am_1 eine Parallele, und trägt darauf

$$A_1 S = r_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} r \text{ und}$$

$$A_2 S = r_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} r$$ auf, dann bezeichnen A_1 und A_2 die Lagen von m_1 und m_2 in dem betrachteten Zeitpunkte.

Es beschreibt also m_1 eine Ellipse mit der Halbaxe $a_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} a$

und m_2 „ „ „ „ „ $a_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} a$, beide Ellipsen haben einen Brennpunkt gemeinsam, nämlich den Schwerpunkt.

Sollte man hierzu einen Beweis für nötig halten, so kann man folgenden, etwas allgemeineren Hilfssatz verwenden: Zieht man (Fig. 2) durch einen beliebigen Punkt S zu allen von B ausgehenden Brennstrahlen einer Ellipse z. B. zu AB Parallelen und trägt man auf denselben von S aus das $n$fache der entsprechenden Brennstrahlen ab $= PS$, so ist der Ort für die Endpunkte P wieder eine Ellipse mit den Axen an und bn, und S ist ein Brennpunkt darin; denn es ist $PS = n \,.\, AB$, zieht man ferner $SS_1 = n \,.\, BB_1$, so wird auch $PS_1 = n \,.\, AB_1$, also $PS + PS_1 = n\,(AB + AB_1) = n \,.\, 2a$.

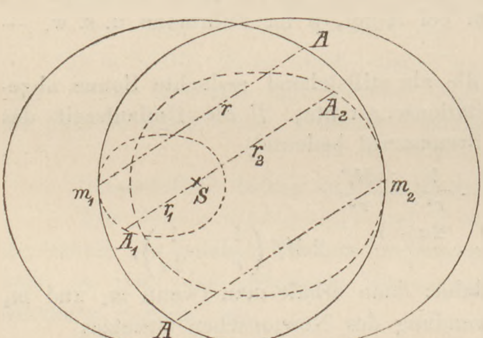


Fig. 3,

Als Beispiel möge Fig. 3 dienen. Hierin ist $m_1 : m_2 = 2 : 1$ und $b = \frac{a}{2}\sqrt{3}$ gewählt, und es bedeuten die ausgezogenen Linien die Bahnen von m_1 um m_2 oder von m_2 um m_1, wenn der andere Körper als ruhend gedacht wird; hingegen wird durch die kleinere gestrichelte Linie die Bahn von m_1 und durch die grössere die Bahn von m_2 dargestellt, wenn sich beide gleichzeitig bewegen und nur der Schwerpunkt S in Ruhe bleibt.

Die Bedeutung des Potentials bei der Planetenbewegung.

Von
A. Schülke in Osterode (Ostpr.).

Wiederholt haben sich im Laufe der letzten Jahre Stimmen dafür erhoben, bei der Behandlung der Elektrizität den Potentialbegriff in den Schulunterricht einzuführen; auch der Verfasser hat in zwei Schulprogrammen darauf hingewiesen. Hat man aber die Formel M/r einmal abgeleitet, so liegt der Gedanke nahe, dieselbe auch möglichst vielseitig zu verwenden, um dem Schüler durch solche verschiedenartigen Betrachtungen den anfangs etwas fremdartigen Begriff allmählich vertrauter zu machen. Ich möchte hier auf zwei Punkte hinweisen, in welchen die Einführung des Potentials Vorteile verspricht: erstens wird es dadurch möglich, bei der Planetenbewegung den Satz von der Erhaltung der Energie zu beweisen (und man wird jedes Beispiel dafür willkommen heissen, weil dieser Satz die Grundlage der neueren Naturbetrachtung und das verbindende Glied zwischen den einzelnen Zweigen der Physik bildet), dann aber ist der Potentialbegriff geeignet, eine befriedigende Erklärung dafür zu geben, dass ein Körper, welcher nach dem Newtonschen Gesetz angezogen wird, entweder in geschlossenen Bahnen den anziehenden Körper umkreist, oder sich bis ins Unendliche von ihm entfernt.

Gewöhnlich schreibt man das Potential zweier sich anziehender elektrischer oder magnetischer Massen in der Form $-Mm/r$, da es in der Elektrizitätslehre nur auf Potentialunterschiede, nie auf den absoluten Wert ankommt; bei der Massenanziehung ist es jedoch zweckmässiger, das Potential in der allgemeineren Form $C - Mm/r$ zu benutzen, weil die Spannkraft ihrer Natur nach eine positive Grösse ist. Der Wert der Constanten C ergiebt sich aus $r = \infty$, d. h. es ist der grösste Wert, den die Spannkraft annehmen kann, und der nur dann erreicht wird, wenn die beiden Massen unendlich weit von einander entfernt sind.

Bei der Bewegung eines Punktes m um die als stillstehend gedachte Masse M ist bekanntlich

die Beschleunigung $\beta = \frac{4\pi^2 a^3}{T^2} \cdot \frac{1}{r^2} = \frac{Mf}{r^2}$

und die Geschwindigkeit $v^2 = \frac{4\pi^2 a^2}{T^2} \cdot \frac{2a - r}{r} = 2Mf\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{2a}\right)$.

Es ist also die Spannkraft $S = C - \frac{Mmf}{r}$

und die lebendige Kraft $L = \frac{m}{2} v^2 = Mmf\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{2a}\right)$,

folglich bleibt die gesamte Energie $E = S + L$

$= C - \frac{Mmf}{2a}$ während der Bewegung stets unverändert. Streng genommen ist jedoch dieser Beweis nicht ausreichend, denn die beiden ersten Formeln stellen nur dann die vollständige Bewegung dar, wenn m als unendlich klein gegenüber M angesehen wird und damit verlieren die letzten Gleichungen ihre Bedeutung. Man muss vielmehr auf die in der vorigen Mitteilung angegebenen Gleichungen zurückgreifen, die für zwei beliebige Körper gelten.

Dann bleibt die Spannkraft $S = C - \frac{m_1 m_2}{r} f$,

hingegen wird die lebendige Kraft $L = \frac{1}{2}(m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2)$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{m_1 m_2^2}{(m_1+m_2)^2} + \frac{m_2 m_1^2}{(m_1+m_2)^2}\right) v^2$$

$$= \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} v^2$$

$$= m_1 m_2 f\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{2a}\right),$$

also behält die Energie $E = C - \frac{m_1 m_2}{2a} f$ stets denselben Wert.

In engem Zusammenhange hiermit steht die Frage nach der Art der Bewegung. Wenn man aus der Bahngleichung in Verbindung mit dem Flächensatze die Geschwindigkeit bestimmt, so erhät man

für die Ellipse 1) $v^2 = \frac{4\pi^2 a^2}{T^2} \cdot \frac{2a - r}{r} = 2\,Mf \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{2a}\right)$,

für die Parabel 2) $v^2 = \qquad = 2\,Mf \cdot \frac{1}{r}$,

für die Hyperbel 3) $v^2 = \qquad = 2\,Mf \cdot \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{2a}\right)$.

Da nun die Beschleunigung $\beta = Mf/r^2$ ist, so drückt man dies gewöhnlich dadurch aus, dass man sagt, die Bahn wird eine Ellipse, Parabel oder Hyperbel, je nachdem $v^2 \lesseqgtr 2\beta r$ ist. Einen viel tieferen Einblick in das Wesen der Sache erhält man jedoch durch Einführung des Potentials. Multipliziert man die drei Gleichungen mit $m/2$, und fügt man auf beiden Seiten C hinzu, so lassen sie sich in die Form bringen

$$1a)\quad E = L + S = C - \frac{Mmf}{2a},$$

$$2a)\quad E = L + S = C,$$

$$3a)\quad E = L + S = C + \frac{Mmf}{2a}.$$

Mit Rücksicht auf die Bedeutung der Constanten C kann man es in dieser Form fast als selbstverständliche Folge ansehen, dass die Körper sich in geschlossenen Bahnen bewegen müssen, wenn die Gesamtenergie kleiner ist als die Spannkraft; es überwiegt die letztere und die Körper bleiben daher in einem gewissen Zusammenhange (elliptische Bahn). Wenn hingegen die Energie die Spannkraft übertrifft, dann kann der Zusammenhang nicht bewahrt bleiben, die Körper müssen sich vielmehr bis ins Unendliche von einander entfernen.

Auch hier müsste man eigentlich die Formeln anwenden, welche für zwei beliebige Körper gelten, es bleibt jedoch das Endergebnis ungeändert, weil — wie vorhin bewiesen —

$$L = \frac{1}{2}\,(m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2) = m_1 m_2 f \left(\frac{1}{r} \mp \frac{1}{2a}\right)$$

und

$$E = C \mp \frac{m_1 m_2}{2a} f$$

wird.

Über das Newtonsche „Experimentum crucis“.

Von

Dr. P. Bode in Frankfurt a. M.

Die erfreuliche Thatsache, dass in jüngster Zeit die Physiker sich mehr mit der Geschichte ihrer Wissenschaft beschäftigen, zeigt sich nicht allein in dem Erscheinen recht brauchbarer Werke über die Geschichte der Physik, sondern auch darin, dass die Verfasser von physikalischen Schulbüchern sich häufiger als früher bemühen, historische Daten anzugeben.

Es ist sicher, dass solche Notizen für den Schüler von grossem Interesse und bei richtiger Benutzung seitens des Lehrers von nicht unbedeutendem pädagogischem Werte sind, doch ist der zu behandelnde Stoff in der eigentlichen Physik so ausgedehnt, dass zu grösseren historischen Exkursen, wie es Krenzlin will (*d. Zeitschr. V, 156*), oft die Zeit fehlen wird. Bei dieser Sachlage ist es notwendig, dass die historischen Bemerkungen in unseren Lehrbüchern und den populären physikalischen Werken richtig sind und die neueren Forschungen berücksichtigen. Nachfolgendes Beispiel soll zeigen, dass dieses leider nicht immer der Fall ist.

In dem Lehrbuche von Jochmann und Hermes, (11. Aufl.), finden wir S. 161:

„Wie das weisse Licht durch Brechung im Prisma in seine einfachen farbigen Bestandteile zerlegt werden kann, so können umgekehrt diese Farben wieder zu weissem

Licht vereinigt werden, entweder mit Hilfe einer Sammellinse, oder indem man das Spektrum durch ein in geeigneter Lage aufgestelltes zweites Prisma betrachtet. (Experimentum crucis von Newton.)"

Bei Budde, 1. Aufl. S. 295 heisst es:

„Entwirft man ein Spektrum eines senkrecht stehenden Prismas und lässt dasselbe auf ein Prisma mit horizontal brechender Kante fallen, so wird dasselbe nunmehr in vertikaler Richtung (etwa aufwärts) gebrochen, und zwar das rote Ende weniger, das violette Ende mehr. Das neue Spektrum steht also schief mit dem violetten Ende nach oben (experimentum crucis von Newton)."

Gerland sagt in „Licht und Wärme" (Wissen der Gegenwart) S. 117:

„Newton liess einen Strahl weissen Lichtes durch zwei Prismen mit gekreuzten brechenden Kanten fallen und erhielt dann ein geneigtes Spektrum, in dem wieder das Rot am wenigsten, das Violett am meisten gebrochen war. Dieser Versuch, dem er die meiste Beweiskraft zuschrieb, ist das sprichwörtlich gewordene Experimentum crucis."

In anderen in meinem Besitz befindlichen Lehrbüchern, z. B. denen von Krebs, Müller-Pfaundler, Reis, Meuzner, Weinhold, Koppe, Mousson, findet man ein Experimentum crucis nicht erwähnt, dagegen ist von Wüllner in der Experimental-Physik und von Rosenberger in seiner Geschichte der Physik als solches ein Versuch Newtons angegeben, der zwar bei beiden Autoren in den Grundzügen übereinstimmt, jedoch sehr wesentlich im einzelnen differiert und mit den oben angegebenen Versuchen nichts gemein hat.

Auf diese mannigfachen Widersprüche zufällig aufmerksam geworden, habe ich die betreffenden Arbeiten Newtons im Original nachgelesen und als das „sprichwörtlich gewordene" Experimentum crucis folgenden Versuch gefunden[1]): Durch eine grosse Öffnung des Fensterladens liess Newton ein starkes Lichtbündel in das verdunkelte Zimmer eintreten und auf ein Prisma fallen. Dicht hinter diesem Prisma stand ein Schirm mit einer $^1/_3$ Zoll breiten Öffnung, so dass der mittlere Theil des gebrochenen Lichtes durch die Öffnung des Schirmes durchgelassen wurde. 12 Fuss hinter diesem ersten Schirme stellte er einen zweiten mit einer gleichen Öffnung so auf, dass wieder der mittlere Teil des vom ersten Schirm durchgelassenen Lichtes durch diese Öffnung ging, während der Schirm den übrigen Teil des Spektrums auffing. Hinter diesem zweiten Schirm befand sich ein zweites Prisma mit paralleler brechender Kante, durch das der durchgelassene Teil des Spektrums zum zweiten Mal gebrochen wurde. Nun wurde das erste Prisma um seine Achse gedreht, so dass die sämmtlichen Farben des Spektrums der Reihe nach durch die Öffnung des zweiten Schirmes auf das zweite Prisma fielen. Es fand sich dann durch Auffangen auf einen dritten Schirm, dass das durch das erste Prisma am wenigsten gebrochene Rot auch durch das zweite Prisma weniger stark gebrochen wurde, als das durch beide Prismen am stärksten gebrochene Violett.

In Newtons Optik ist weder dieser noch irgend ein anderer Versuch als Experimentum crucis bezeichnet, wohl aber finden wir diesen Ausdruck in der der Royal Society im Jahre 1672 überreichten Abhandlung. Hier sagt Newton, nachdem er seine Betrachtungen über die nicht vermutete Länge des erhaltenen Sonnenspektrums angestellt hat[2]): The gradual removal of these suspicions at length led me to the Experimentum crucis, which was this: —

Nun folgt eine kurze Beschreibung des Versuches, welcher in der Optik das Experimentum VI des ersten Teils des ersten Buches ist und in derselben weiter ausgeführt ist. Übrigens hat auch Goethe schon in seiner Farbenlehre dieses Experimentum VI

[1]) Rosenberger giebt ihn allein richtig an, allerdings sehr verkürzt. *(Gesch. der Phys., Bd. II, S. 191.)*

[2]) cf. *The Phisoph. Transact. abrig. etc.* by John Lowtherp, London 1722, pg. 130.

der Optik als das Experimentum crucis bezeichnet. In den Abhandlungen der Royal Society finden wir diesen Versuch noch öfters als Experimentum crucis. Ign. Gaston Pardies macht l. c. pg 137 Einwürfe gegen den Versuch, die Newton pg. 140 in seiner Antwort zurückweist, er erklärt denselben noch einmal in einem zweiten Schreiben pg. 143, so dass Pardies in seiner Erwiderung sagt: Novissimus scrupulus, qui mihi haerebat circa Experimentum crucis, penitus fuit exemptus.

Auf eine nicht abgedruckte Einwendung eines Unbekannten gegen den Versuch antwortet Newton pg. 144—156 sehr ausführlich. Die Schlussworte seines Schreibens: „On this (Exper. crucis) I chose to lay the whole stress of my discourse; which therefore was the principal thing to have been objected against" beweisen, welche entscheidende Wichtigkeit er diesem Versuche beilegt.

Dasselbe ersehen wir aus einer Antwort Newtons an Lucas, der sich im Jahre 1676 gegen Newton wendete und eine Reihe neuer Versuche angab. Newton spricht seine Anerkennung aus, dass Lucas versucht habe, ihn durch Experimente zu widerlegen, sagt ihm aber, er möge seine Methode ändern und: Instead of a multitude of things try only the experimentum crucis. For it is not number of experiments but weight to be regarded; and where one will do, what need many?

Ich habe diese Stellen so ausführlich angegeben, um die Frage beantworten zu können, was Newton veranlasst hat, diesem Versuch den ungewöhnlichen Namen zu geben. Es ist leicht verständlich, dass Budde und Gerland veranlasst sind, das Experimentum V aus der Optik, in dem das Licht durch zwei Prismen mit gekreuzten brechenden Kanten geht, so zu benennen. Aus den angeführten Stellen sieht man, dass Newton den Versuch als ausschlaggebend für seine Theorie ansah, man muss deshalb Rosenberger Recht geben, der diesen Ausdruck auf Baco von Verulam zurückführt. In seinem *Organum novum* will Baco bekanntlich die Methode zur richtigen Naturerkenntniss geben Er stellt darin eine Reihe von „vornehmsten Fällen" (instantiae praerogativae) auf, die zur induktiven Auffassung der Naturgesetze hauptsächlich geeignet sind. Unter diese vornehmsten Fälle zählt Baco auch die Fälle des Kreuzes: „Inter praerogativas instantiarum ponemus loco decimo quarto Instantias crucis; translato vocabulo a crucibus quae erecta in bivio indicant et signant viarum separationes. Has enim instantias decisorias et judicales et in casibus nonnullis instantias oraculi et mandati appellare consuevimus [3]) etc.

Für Newton war nun, wie aus allem hervorgeht, dieses Experiment ebenfalls ein solches Kreuz am Scheidewege, das von der falschen Theorie zur Wahrheit führte, und so wendete er den bei der Bedeutung Baco's zur damaligen Zeit gewiss gebräuchlichen Ausdruck „Instantia crucis" auf seinen grundlegenden Versuch als „Experimentum crucis" an.

Nachdem der vorstehende Artikel geschrieben war, wurde ich von Herrn Dr. Rosenberger auf einen Brief von Huygens an Leibniz aufmerksam gemacht, aus dem unzweifelhaft hervorgeht, dass das Wort „Experimentum crucis" auf Baco zurückzuführen ist. In diesem Briefe vom 29. Mai 1694 [4]) spricht Huygens u. a. über Newtons Lichthypothese. Er findet dieselbe nicht mit der von Olaf Roemer entdeckten ausserordentlichen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes vereinbar, kann auch aus derselben nicht die Ursache der Refraktion erklären und fährt dann fort: *et (ils puissent expliquer) encore moins celle du cristal d'Islande, qui me sert d'experimentum crucis, comme l'appelle Verulamius.*

[3]) *Organum novum. Ed. secun. Amstolad. 1660, pg. 254.*

[4]) Leibniz, Mathem. Schriften, ges. von G. Gerhardt, Bd. II, S. 176.

Aug. Wilh. von Hofmann †.

Am 5. Mai dieses Jahres hat Aug. Wilh. von Hofmann seine ruhmvolle Laufbahn vollendet. Mit ihm schied Einer der Letzten, die davon erzählen konnten, wie es in jenem kleinen Liebig'schen Laboratorium zu Giessen herging, dem damaligen Centrum der deutschen Chemie, dem Ziel der Sehnsucht aller heranwachsenden Chemiker. Wie gerne, wie oft und wie unvergleichlich schön erzählte er von jenen Zeiten, wie leuchteten die Augen des ehrwürdigen Greises, wenn der Name Liebig eine Fülle von Erinnerungen, einen Schatz weiser Sprüche in ihm aufleben liess.

Hofmann hatte, als er uns entrückt wurde, soeben sein 74. Lebensjahr vollendet, er hatte also bereits die Grenze überschritten, die man gemeinhin als die äusserste der mittleren Lebensdauer zu betrachten pflegt. Allein wer ihn noch im vorigen Winter sah, wie rastlos er den Pflichten seines Amtes nachkam, wie jugendlich frisch er in seinem Handlaboratorium die Arbeiten seiner Assistenten leitete, wie viele Zeit er für geselligen Verkehr zu erübrigen wusste, der dachte wohl nicht daran, dass sich die Schatten des Abends bereits senkten. Wohl fanden wir Freunde bei dem Semesterschluss ihn etwas müder als sonst, allein wir hofften ihn durch eine Reise in das ihm so liebe Italien erfrischt und gekräftigt wieder unter uns zu sehen. Und wirklich als er heimkehrte, schien er wieder der Alte, voll Arbeitsplänen und Lebensfreude. Aber nur nach Tagen zählte die Spanne der ihm beschiedenen Zeit: plötzlich, ohne Kampf, nach kurzem Unwohlsein machte der Tod diesem reichen Leben ein Ende.

Hofmann war eine Natur von einer ganz aussergewöhnlichen Vielseitigkeit der Begabung und die mannigfachen Talente, die der junge Abiturient des Giessener Gymnasiums in sich verspürte, mögen es wohl verursacht haben, dass er nicht allsogleich zu einem Entschluss über die zu ergreifende Laufbahn gelangte. Allein die Beziehungen, in die sein Vater, der Universitätsbaumeister von Giessen, mit Liebig in Folge des Neubaues des chemischen Institutes trat, wurden für Hofmann entscheidend. Er entschloss sich, seine reichen Kräfte der Chemie und den verwandten Naturwissenschaften zu weihen — ihm zum Heil und Ruhme, der ganzen Menschheit zum Nutzen. Bald sehen wir ihn als Assistent von Liebig thätig, und nach vollzogener Promotion nach Bonn übersiedeln, um sich in der rheinischen Musenstadt als Privatdozent niederzulassen. Hofmann sollte nicht lange dort weilen, denn bald erging auf Grund einer Empfehlung von Liebig an ihn die Aufforderung, an die Spitze eines aus Privatmitteln in London zu errichtenden College of Chemistry zu treten. Er nahm die ihm zugedachte Stelle auf drei Jahre an, hatte mit Schwierigkeiten aller Art zu kämpfen, besonders da die Mittel, die ihm anfänglich zu Gebote standen, nicht sehr reichliche waren. Allein, Hofmann hat es einmal gesagt, es kommt nicht auf den Käfig an, sondern ob der Vogel, der darin sitzt, pfeifen kann — und der Vogel konnte pfeifen. Bald hörte die staunende chemische Welt von einer Entdeckung nach der anderen. Er konnte sich kaum die Musse nehmen, seine Abhandlungen mit der ihm erwünschten Sorgfalt zu redigieren, so reiche Erzadern hatte er angeschlagen, so viel Material galt es unter Dach zu bringen. Das College konnte die Zahl der Schüler, die herbeiströmten, um unter Hofmann's Führung die verschlungenen Pfade der Experimentalforschung zu betreten, nicht mehr fassen; Hofmann's unermüdlicher Arbeitskraft, Hofmann's staunenswertem Organisationstalent war es zu danken, dass das aus den bescheidensten Anfängen hervorgehende College schon nach wenigen Jahren als Royal College of Chemistry und Annex der Royal School of Mines in einen zweckentsprechenden Neubau am Hannover Square übergeführt werden konnte. Den ursprünglich geplanten drei Jahren seiner Verpflichtung wurde ein Jahr nach dem andern zugelegt; er wurde Wardein der Münze und bald konnte keine bedeutende in sein Fach schlagende Frage, sei sie gerichtlicher oder technischer Natur auftauchen, die nicht ihm vor Allen zur Begutachtung unterbreitet wurde. Staunend fragen wir uns heute, woher der Mann die Kraft und die Zeit nahm, um neben der fast erdrückenden Last seiner Amtsgeschäfte seine tief angelegten, im vollen Sinne des Wortes epochemachenden wissenschaftlichen Untersuchungen auszuführen.

Es ist hier nicht der Ort, um diesen Teil seiner rastlosen Thätigkeit eingehend zu würdigen. Es sind weit gedehnte Gebiete, die er der chemischen Forschung erschloss, wo er zuerst in dem dichten Gestrüpp Bahn brach. Es giebt kein noch so abgelegenes Feld chemischer Forschung, wo wir ihm nicht begegnen, wo er nicht breite Furchen gezogen, befruchtenden Samen ausgestreut hat. On revient toujours à ses premiers amours, war eines seiner Lieblingsworte, und so ist er auch immer wieder mit Vorliebe auf jene merkwürdigen Abkömmlinge des Ammoniak zurückgekommen, deren Studium schon den Gegenstand seiner Doktordissertation ausmachte, und die ihn bis zu seinem Tode beschäftigt haben.

Wie ein vollendetes, organisch gegliedertes Kunstwerk liegen heute diese Untersuchungen vor uns. Kein Zweifel kann mehr obwalten über die Constitution dieser Verbindungen, über ihre Stellung im System. Nie hat Hofmann das grosse Ziel seiner Forschungen aus dem Auge verloren, nie hat ihm die Menge des Detail das alle Erscheinungen zusammenhaltende Grundprinzip verschleiert, und schweifte er ja einmal von dem Wege scheinbar ab, so war es nur, um, wie er zu sagen pflegte, eine schöne Blume, die er am Wege fand, zu pflücken. Was die Untersuchungen Hofmanns über die Ammoniakabkömmlinge der Wissenschaft geleistet haben, steht mit unvergänglichen Lettern in der Geschichte der Naturerkenntnis verzeichnet. Eines dieser Hofmann-Kinder, das Acetanilid, ist unter dem Namen Antifebrin eines der wirksamsten Mittel unseres Arzneischatzes geworden. Aus seinen für alle Zeiten mustergültigen Forschungen über die im Steinkohlentheer vorkommenden Ammoniakabkömmlinge wuchs der Wunderbau der Theerfarbenindustrie empor, der heute Tausende gewinnbringend beschäftigt, den Nationalwohlstand um Milliarden vergrössert hat.

Führwahr die Forscherthätigkeit Hofmanns allein hätte ausgereicht, um ein Menschenleben auszufüllen, und doch wäre das Bild des Mannes unvollständig, wenn man geblendet von dem Glanze der Resultate nur diese Seite der Bethätigung seiner Talente betrachten wollte.

Hofmann war nicht nur ein Experimentalforscher allerersten Ranges, sondern auch ein Lehrer von Gottes Gnaden. Seine Einleitung in die moderne Chemie ist ein unentbehrlicher Leitfaden, die eleganten und lehrreichen Vorlesungsversuche, die er erdacht hat, sind ein Gemeingut aller geworden, die Chemie lehren.

Der Umstand, dass sich in England für seine eminente Lehrbefähigung nicht der volle Wirkungskreis bot, dass es ihm jenseits des Kanales nur selten gelang, seine Schüler bei der Wissenschaft festzuhalten, liess ihn trotz der ehrenvollen und einträglichen Ämter, trotz der verwandtschaftlichen Beziehungen, in die er zu einer edlen englischen Familie getreten war, die Sehnsucht nach dem deutschen Vaterlande, nach der „Hochluft einer deutschen Universität“ nie verlieren. Und als 1862 an ihn der Ruf erging, in Bonn die Lehrkanzel der Chemie zu übernehmen, sowie ein chemisches Institut grösseren Stiles zu errichten, schlug er mit Freuden ein. Noch hatte er seine Professur nicht angetreten, noch war der Palast, der sich nach seinen Angaben und Plänen in der Poppelsdorfer Allee erhob, nicht vollendet, als die in Folge des Ablebens von Eilhard Mitscherlich verwaiste chemische Lehrkanzel an der Berliner Universität ihm übertragen wurde.

Hier fand er den Boden, um alle seine wunderbaren Talente zu entfalten und zu bethätigen. Als begeisternder Lehrer im Hörsaal, als Forscher und sorgsamer Führer von Schülern und jüngeren Kollegen im Laboratorium, als sachkundiger Berater der höchsten Behörden, als unübertrefflicher Organisator in der chemischen Gesellschaft, seiner eigensten Schöpfung, deren über die ganze Erde verteilte Mitglieder heute nach Tausenden zählen, und nicht zuletzt als Künstler, denn wer wird Anstand nehmen, den Verfasser jener unübertrefflichen Gedächtnisreden auf seine vorangegangenen Freunde zu den ersten Stilkünstlern Deutschlands zu rechnen.

Was er während der 27 Jahre seiner unvergesslichen Thätigkeit an der hiesigen Universität geleistet hat, beweist die Anzahl der aus seiner Schule hervorgegangenen

Männer, die in Wissenschaft und Technik zu den führenden Autoritäten gehören, das beweist die Anzahl der aus dem Berliner Universitätslaboratorium hervorgegangenen wissenschaftlichen Abhandlungen — es sind über 800 —, von denen eine stattliche Reihe seinen Namen trägt. Was er aber neben dieser seiner umfassenden Fachthätigkeit geleistet hat, das bewies die allgemeine Trauer um ihn, die sich kund gab in schier unzählbaren Kränzen und Zuschriften, in dem aufrichtigen Beileid, das alle Schichten der Bevölkerung der Riesenstadt seinen Hinterbliebenen entgegenbrachte.

Am 9. Mai haben wir Hofmann auf dem alten Friedhof der Dorotheenstadt, jenem Pantheon der geistigen Aristokratie Berlins, zur ewigen Ruhe gebettet. Er ist uns nach Raum und Zeit entrückt, aber so gewiss nur der tot ist, der vergessen wird, so gewiss kann Hofmann nicht sterben: sein Andenken wird leben, so lange das geheimnisvolle Walten der Naturkräfte den forschenden Geist der Menschen beschäftigt.

Berlin, Juni 1892. *Hans Jahn.*

Karl Heinrich Schellbach †.

Als diese Zeitschrift vor bald fünf Jahren ins Leben gerufen wurde, geschah es in freudigster Übereinstimmung mit den Gedanken, die der Altmeister des mathematischen und physikalischen Unterrichtes gerade damals in einer kleinen Schrift „über die Zukunft der Mathematik an unseren Gymnasien“ ausgesprochen hatte, und in der frohen Erwartung, den verehrten Mann als Mitarbeiter auf seinem eigensten Gebiete thätig zu sehen. Diese Erwartung ist in reichstem Maasse erfüllt worden; die Beiträge, die er mit zitternder Hand niedergeschrieben, bekunden seinen rastlos thätigen Geist nicht minder wie seine liebevolle Hingebung an die Sache, der zu dienen er ein langes Leben hindurch nicht müde geworden ist. Nun ist er von uns geschieden. Wir trauern um ihn und preisen doch sein Loos; denn sein Leben ist köstlich gewesen, nicht blos durch Mühe und Arbeit, sondern vor allem durch die Freudigkeit und die nie versiegende Begeisterung, mit der er seinem Berufe gelebt hat und die in den Worten gipfelte: Die Thätigkeit des Lehrers ist die glücklichste der Menschen!

Karl Heinrich Schellbach wurde am 25. Dezember 1805 geboren. Er brachte seine erste Jugend in Eisleben zu und studierte 1824—29 zu Halle a. S., wo Schweigger, der Erfinder des Multiplikators, ihn für brahmanische Weisheit begeisterte und Hinrichs, der Anhänger Hegels, ihn für eine die Wirklichkeit verachtende Philosophie gewinnen wollte. In den Jahren 1829—34 war er in Berlin als Lehrer an einer höheren Mädchenschule thätig, hier erst erschloss sich ihm, unter dem Einflusse Dirichlets und Mitscherlichs, die Bedeutung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Studien. Er promovierte 1834 zu Jena und wurde in demselben Jahre als Lehrer am Friedrichs-Werderschen Gymnasium angestellt. Im Jahre 1841 wurde er Nachfolger Doves am Friedrich-Wilhelms-Gymnasium, daneben 1843 Professor an der Königlichen Kriegsakademie und Mitglied der Wissenschaftlichen Prüfungskommission zu Berlin. Weit über ein halbes Jahrhundert hat er des Lehramts gewaltet, erst 1889 trat er in den Ruhestand. Am 29. Mai d. J. endlich setzte ein sanfter Tod seinem Leben ein Ende. Seine geistige Regsamkeit hatte er sich noch bis in die letzten Lebensjahre hinein bewahrt. Als die Hertzschen Versuche über elektrische Wellen die ganze wissenschaftliche Welt bewegten, fasste er den kühnen Plan, diese Versuche auch seinen Schülern vorzuführen. Er setzte, wie es seine Art war, alles in Bewegung, um dieses Ziel zu erreichen, und nur seine inzwischen erfolgte Pensionierung vereitelte die Verwirklichung dieser Absicht. Auch während seines Ruhestandes hörte er nicht auf zu schaffen. Es war rührend zu sehen, wie der hochbetagte Mann sich keinen Weg verdriessen liess, um den Apparat zusammenzustellen, der den von ihm entdeckten und berechneten leuchtenden Ring bei Convexlinsen sichtbar machen sollte.

Von der wissenschaftlichen Thätigkeit, die das lange Leben K. H. Schellbachs erfüllte, zeugt eine stattliche Zahl von Abhandlungen, namentlich in Crelles Journal für

für reine und angewandte Mathematik, zu dessen Herausgebern er eine Reihe von Jahren hindurch gehörte. Sein anerkanntes Meisterstück war die „Lehre von den elliptischen Integralen und den Thetafunktionen". Aber der Schwerpunkt seines Lebenswerkes lag in seinem Unterricht. „Sind wir nicht die glücklichsten Menschen, welcher Künstler hat ein so bildsames Material wie wir?" — mit diesen Worten wendete er sich einmal nach einer gelungenen Unterrichtsstunde an die ihn begleitenden Kandidaten. In der That, er war ein Lehrer von innerstem Beruf. Er übte seine Lehrthätigkeit nicht als ein Handwerk, sondern als eine Kunst. Er selbst nannte seine Methode eine sokratische, als die beste seiner Künste bezeichnete er die Kunst zu schweigen und auf das Aufkeimen der Gedanken seiner Schüler zu lauschen. Hierin ist das Geheimnis seines Wirkens enthalten. Seine Persönlichkeit war seine Methode. Er vermochte Leben zu wecken, weil er selbst ein lebendiger Mensch war. Sein reger, fort und fort auf Neues gerichteter Geist war seinen Schülern ein steter Antrieb zu höchster Anspannung ihrer Kräfte. Und auch die Begeisterung, die er in sich trug, teilte er den Jüngeren mit, denen das Herz höher schlug, wenn der Lehrer ihnen zeigte, wie alles Wirkliche im Menschengeiste vorgebildet liegt, wie die höhere Formel die niedere einschliesst und zuletzt ein grosses Wort die Wahrheit ausspricht. Wahrlich, prometheisch musste ihnen der Mann erscheinen, der sich unterfing, die Mathematik vom Himmel auf die Erde zu ziehen, und sie teilnehmen liess an der göttlichen Freude des Erkennens und Anschauens mathematischer Wahrheit.

Durch die Einrichtung des mathematisch-pädagogischen Seminars im Jahre 1855 wurde die Möglichkeit geschaffen, den Geist des Schellbachschen Lehrverfahrens auf immer weitere Kreise wirken zu lassen. Mehr als hundert junge Mathematiker haben seitdem diesem Seminar angehört. Man darf behaupten, dass der mathematische Unterricht in Preussen jetzt die Signatur Schellbachs trägt, und wenn heut das Vorurteil beseitigt ist, dass die Schulmathematik besondere mathematische Anlagen bei den Schülern voraussetze, so gebührt Schellbach an der Herbeiführung dieses Zustandes das grösste Verdienst.

Im Zusammenhange mit dem Seminar steht die Veröffentlichung einer Anzahl Schriften, die aus dem Unterrichte Schellbachs hervorgewachsen und von Mitgliedern des Seminars bearbeitet worden sind. An erster Stelle sind die (bereits in der 17. Auflage erschienenen) Hauptsätze der Elementarmathematik von G. Mehler zu nennen; ferner die „Neuen Elemente der Mechanik," bearbeitet von G. Arendt, die „Mathematischen Lehrstunden," bearbeitet von A. Bode und E. Fischer, endlich die „Sammlung und Auflösung mathematischer Aufgaben" herausgegeben von E. Fischer An diese Schriften schliesst sich als ein ganz hervorragendes Lehrmittel der „Atlas der darstellenden Optik" von Engel und Schellbach. In den genannten Schriften bethätigt sich Schellbachs ausserordentliches Geschick, Probleme die sonst der höheren Mathematik vorbehalten waren, der schulgemässen Behandlung zugänglich zu machen. Durchgehend sind Mathematik und Physik aufs engste verknüpft. Die neueren Bestrebungen, den Zusammenhang dieser beiden Unterrichtsgebiete stärker zu betonen, finden sich daher durch diese Arbeiten aufs wirksamste gefördert. Die enge Verbindung von Mathematik und Physik ist auch festgehalten in der Programmabhandlung von 1866 „Über den Inhalt und die Bedeutung des mathematischen und physikalischen Unterrichts an unseren Gymnasien," einer der vollendetsten und gedankenreichsten Abhandlungen über diesen Gegenstand, in der zugleich der freie Atemzug höchster und allgemeinster menschlicher Geistesbildung weht.

Zu den schönsten Freuden seines Lebens rechnete Schellbach die Zuneigung des Kronprinzen Friedrich Wilhelm, des nachmaligen Kaisers Friedrich, den er von seinem zwölften Jahre an in den mathematischen Wissenschaften unterrichtet hatte. Als eine Frucht dieser Zuneigung pflegte er gern den Bau der Sonnenwarte in Potsdam zu bezeichnen, um dessen Ausführung sich der hohe Herr, durch ihn angeregt, aufs eifrigste bemüht hatte. Und wie der Königliche Schüler ihm zeitlebens seine Dankbarkeit be-zeigte, so gedenken unzählige frühere Schüler ihres Lehrers und Meisters bis über das Grab hinaus in Liebe und Verehrung.

Schellbach hat uns gezeigt, dass Mathematik und Naturwissenschaft nicht nur für einseitige Bildung des Verstandes, sondern für die Bildung des ganzen Menschen von der grössten Bedeutung sind. Sein eigener Unterricht zielte auf ein solches Bildungsideal hin. An uns ist es, seinem Vorbilde nachzueifern in selbstloser Hingebung und begeisterungsvoller Arbeit, denn „nur der Begeisterung gebührt der Sieg." *F. Poske.*

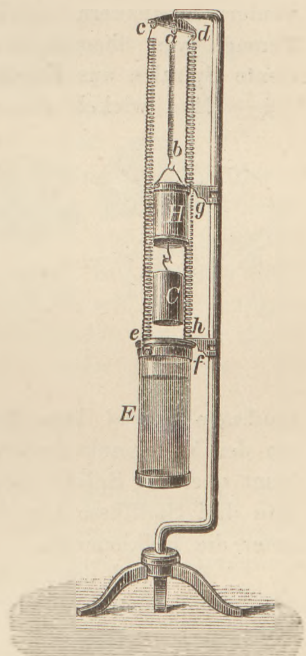
Kleine Mitteilungen.

Apparat zur Demonstration des archimedischen Prinzipes.

Von Prof. **Ákos Szathmári** in Kolozsvár.

Obgleich es der Apparate zur Demonstration des archimedischen Gesetzes viele giebt, halte ich es nicht für überflüssig, die Beschreibung eines neuen, dazu dienenden Instrumentes hier mitzuteilen, das ich seiner einfachen Einrichtung und leichten Handhabung willen bestens empfehlen kann.

An dem gleicharmigen Hebel cd sind drei Spiralen (ab, ce, df) befestigt, von denen die mittlere (ab) kürzer, die beiden äusseren (ce und dh) dagegen länger sind. An ab ist der bekannte Hohlcylinder H und darunter der hineinpassende massive Cylinder C aufgehängt. Die beiden äusseren Spiralen halten ein leichtes Wassergefäss E, das mit Wasser nur so weit angefüllt ist, dass beim Eintauchen des massiven Cylinders kein Wasser überfliesst.



An der eisernen Säule, an welcher die Spiralen befestigt sind, können zwei Zeiger (g und f) auf- und abwärts geschoben werden. Vor dem Versuche wird der Zeiger g so gestellt, dass dessen Spitze den oberen Rand des Hohlcylinders, f dagegen so, dass er den Rand des Wassergefässes bezeichnet. Hierauf wird der massive Cylinder vom Haken des Hohlcylinders abgenommen und mit Hülfe eines entsprechend langen Fadens so zurückgehängt, dass er in dem Wasser eben untertaucht. Dadurch wird ab kürzer, ce und dh dagegen werden länger, zum Zeichen, dass das Gewicht des Cylinders „abgenommen", das des Wassergefässes aber „zugenommen" hat.

Um nachzuweisen, wieviel der Cylinder an Gewicht verloren und um wie viel das Wasser schwerer geworden, entnehmen wir mittelst einer Pipette dem Gefässe so viel Wasser, als zur Füllung des Hohlcylinders nötig ist, und füllen denselben damit an. Dadurch kommen sowohl der Hohlcylinder, als auch das Wassergefäss wieder in dieselbe Lage, in welcher sie zu Anfang des Versuches waren, ein Beweis, dass der untergetauchte massive Cylinder so viel von seinem Gewichte „verloren" und E so viel an Gewicht „zugenommen" hat, als das Gewicht der mit C raumgleichen Wassermenge beträgt[1]).

Im Zusammenhange damit kann ich mich nicht enthalten, zur Formulierung des archimedischen Gesetzes ein paar Bemerkungen zu machen:

Nach meiner Erfahrung kann der Ausdruck „verliert an Gewicht", welcher in den meisten Lehrbüchern vorkommt, beim Unterricht sehr leicht Anlass zu Missverständnissen geben, besonders wenn dem nicht durch die Demonstration sofort entgegen gearbeitet wird. Die Definition des Gewichtes lässt sich mit der gewöhnlichen Formulierung des archimedischen Gesetzes logisch nicht vereinen, denn „der Druck, den ein Körper vermöge seiner Schwere auf eine horizontale Unterlage äussert, heisst sein

---

[1]) Der Apparat ist für Mk. 16,50 bei Vizi E. és társa in Kolozsvár (Ungarn) zu haben.

Gewicht", und dieses ist an demselben Orte der Erdoberfläche für alle Körper beständig, nimmt also weder ab noch zu.

Meiner Ansicht nach darf ein Lehrbuch der Physik nicht der historischen Treue zu Liebe fehlerhafte Ausdrücke festhalten. Ich halte es vielmehr für zweckmässig, das Gesetz folgendermaassen zu formulieren:

> Jede Flüssigkeit treibt einen eingetauchten Körper mit einer Kraft in die Höhe, welche gleich ist dem Gewichte einer Flüssigkeitsmenge vom Volumen des eingetauchten Körpers.

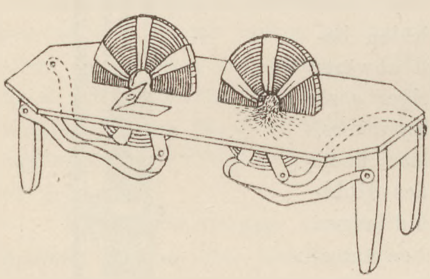
Durch diese einfache Form des Gesetzes vermeiden wir das Missverständnis, kommen nicht in Conflikt mit den logischen Anforderungen, und die Allgemeinheit des Satzes leidet darunter nicht.

Darstellung des galvanischen Feldes.

Von Professor **W. Weiler** in Esslingen.

Wo nicht besonders starke galvanische Ströme zur Verfügung stehen, findet die Darstellung der durch dieselben erzeugten Kraftlinien mittelst Eisenfeile ziemliche Schwierigkeiten; mit nur einem Leitungsdraht ist sie ganz unmöglich und bei nicht ganz kurzen Drahtrollen sind die im Innern derselben verlaufenden magnetischen Kräfte nur wenigen Zuschauern zugleich sichtbar zu machen. Gewöhnlich wird daher dieser einfache Versuch ganz übergangen; aber mit Unrecht. Sehr wohl eignen sich zu diesem Experimente Spiralen aus Kupferband.

Man wickelt den etwa 1 cm breiten, dünnen Kupferstreifen zugleich mit einem gleich breiten Band aus Baumwolle, Wolle oder Papier (von Telegraphenrollen) auf einen Cylinder von ungefähr 3 cm Durchmesser auf, giebt der Spirale, je nach den Mitteln, die man aufwenden will, einen äusseren Durchmesser von 10 bis 20 cm und bindet den Ring mit einem strahlenförmig umschlungenen Bande fest. Diese Rolle senkt man (wie die Figur zeigt) nahezu bis zum Mittelpunkt in ein Brett, von dem man mit der Laubsäge so viel herausgesägt hat, dass die Rolle in den Schlitz passt; das, was man um den Mittelpunkt herum zu viel herausgesägt hat, füllt man wieder mit Holz aus oder leimt quer zur Spirale ein Stück Zeichenpapier auf, und an die Leiste leimt oder nagelt man drei Stellfüsse von dünnem Holz; endlich klemmt man die Enden des Kupferbandes unter die Polklemmen.



Während der Strom zweier hintereinander verbundener Chromsäure-Elemente durch die in den magnetischen Meridian gestellte Spirale fliesst, streut man aus einem Siebe, das man aus einer 2 bis 3 cm weiten, auf einer Seite mit alter lockerer Leinwand geschlossenen Röhre herstellen kann, feine Eisenfeile um die Spirale und in deren Mittelraum, wozu man das Gestell neigt. Ist der Strom schwach, so kommen die Eisenkurven doch zum Vorschein, wenn man mit dem Finger leicht auf den Rahmen klopft. Der Anblick des Eisenfeilbildes zeigt, dass die Stärke des galvanischen Feldes nur auf eine kurze Strecke gleichförmig ist und damit, warum bei der Tangentenbussole die Länge der Magnetnadel nicht $^1/_6$ des Ringdurchmessers übertreffen soll.

Will man die Wirkung zweier Stromfelder auf einander sichtbar machen, so stellt man eine zweite Kupferbandspirale in die Verlängerung der ersten, so dass beide etwa 2 cm von einander entfernt sind.

Eine Magnetnadel, um eine solche Spirale herumgeführt, wird von beiden Seiten derselben verschieden abgelenkt, während sie an deren Enden vom Stromfelde nicht beeinflusst wird, die Bandspirale verhält sich also wie eine magnetische Scheibe und ist einer solchen äquivalent oder gleichwertig.

Aus diesen Versuchen folgt leicht das Verständnis für die beiden Ampère'schen Gesetze über parallele und gekreuzte Ströme, für die darauf beruhenden Rotationsapparate, für die Roget'sche hüpfende Spirale und für die Elektrodynamometer und Galvanometer.

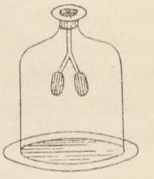
Wird ein kurzer Stab weichen Eisens in die vom Strom durchflossene Spirale gebracht, so wird er kräftig magnetisch, die aufgesiebten Eisenspäne ziehen sich dichter zusammen, das galvanische Feld wird durch das elektromagnetische verstärkt und das Gesammtfeld bestimmter.

Es lassen sich zu diesen Versuchen auch die zwei Bandspiralen verwenden, mit denen man die Anziehung und Abstossung paralleler Ströme nachweist; indessen dürfte es in der Regel vorzuziehen sein, einen Apparat in seiner Zusammenstellung zu belassen.

Apparat zur Veranschaulichung der Atmung.

Von Prof. Dr. **Meutzner** in Meissen.

Die Bohrung des gutschliessenden Gummistopfens im Halse eines tubulierten Rezipienten setzt sich fort in einem Gummiröhrchen (Luftröhre), das sich weiterhin in zwei Röhrchen (Luftröhrenäste) gabelt, an deren Enden zwei sehr dünnhäutige Gummiballons (Lungen) hängen. Den Boden des Rezipienten bildet eine aufgebundene Gummimembran (Zwerchfell). Drückt man auf die Membran, so fallen die Gummisäckchen zusammen, um sich beim Nachlassen des Druckes sofort wieder mit frischer Luft zu füllen. — Der Apparat ist schon gegen geringe Luftdruckänderungen sehr empfindlich: bringt man ihn z. B. aus einem kalten Raume in ein warmes Zimmer, so fallen die Ballons sofort zusammen! Beim Lüften des Stopfens füllen sie sich wieder.



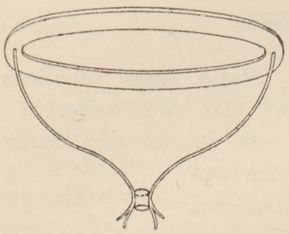
Ich habe diesen Apparat bisher in keinem der mir bekannten Preisverzeichnisse physikalischer Instrumente, ebenso wenig in den verbreiteteren anthropologischen Schulbüchern angegeben gefunden. Mir selbst wurde er bekannt durch einen Vortrag des hiesigen Bezirkstierarztes in unserem naturwissenschaftlichen Vereine. Der Apparat schien mir für den Schulunterricht in so hohem Grade geeignet, dass ich ihn mir, mit unwesentlichen Abänderungen gegen das Original, in der oben beschriebenen Art von dem physikalischen Institut des Herrn M. Kohl in Chemnitz (Poststrasse) anfertigen liess. Der Preis beträgt 8 Mark.

Für die Praxis.

Elektromagnet zu diamagnetischen Versuchen. Von W. Saltzmann in Neu Ruppin. Um ohne Anschaffung eines teuern Elektromagneten wenigstens einige Versuche dieser Art anstellen zu können, habe ich mir hier einen ringförmigen Elektromagneten anfertigen lassen. Der eiserne Kern des Magneten hat die Form eines an einer Stelle offenen Ringes; die Pole sind also einander zugekehrt, während sie bei Hufeisenmagneten neben einander stehen. Es wird auf diese Weise zwischen den Polen ein sehr kräftiges magnetisches Feld erzeugt, worauf es ja bei diesen Versuchen nur ankommt. Der Durchmesser des eisernen Kerns ist $2^1/_2$ cm, der äussere Durchmesser des nackten Ringes circa 19 cm. Der Ring ist mit só viel Kupferdraht von $1^1/_2$ mm Durchmesser bewickelt, dass der Widerstand desselben ungefähr gleich ist dem von 6 meiner Bunsen'schen Elemente, d. h. circa 0,9 Ohm. Es ist gut, wenn die Wickelung hauptsächlich an den Polenden aufgetragen ist, wenn auch der Elektromagnet dadurch ein unschönes Aussehen erhält. Das kleine Brett, auf welchem der Elektromagnet befestigt ist, trägt ein Messingstativ mit drehbarem Arm, an welchem mit Hilfe eines seidenen Fadens die zu untersuchenden Körper in einer Hülse aus Papier oder Seide aufgehängt werden. Der Träger des Fadens lässt sich in einer kleinen Messinghülse am Ende des Armes mit gelinder Reibung etwas auf- und abschieben und drehen, damit man den aufgehängten Körper genau zwischen den Polen einstellen kann. Wenn der Elektromagnet durch sechs

Bunsensche Elemente erregt wird, verlässt ein vierkantiges Wismuthstäbchen (50 qmm Querschnitt, $3^1/_2$ cm Länge), welches das beträchtliche Gewicht von 25 g hat, sofort seine axiale Lage und stellt sich äquatoreal. Ein Zehnpfennigstück aus Nickel stellt sich energisch mit raschen Schwingungen in die axiale Lage. Der Elektromagnet reicht also für einige Hauptversuche vollständig aus. Derselbe kostet nur 32 Mark.

1. Um den elektrischen Grundversuch (Abstossung gleichnamiger Elektrizitäten u. s. f.) mit geriebenen Glas- und Ebonitstäben u. a. in weithin sichtbarer Weise anzustellen, empfiehlt Weinhold in seinen Demonstrationen eine bifilare Aufhängevorrichtung, welche aber an dem Uebelstande leidet, dass bei einer Drehung um 90° und mehr eine sehr energische Rückwirkung gegen die elektrischen Kräfte sich geltend macht. Ich benütze für den Versuch eine aus Messing gearbeitete Auflegevorrichtung



(s. Figur), die mit demk onisch ausgebohrten Messinghütchen auf die Stahlspitze eines Stabes aufgesetzt wird. Die Gabeln dienen zur Aufnahme der geriebenen Stäbe und schützen sie vor dem Falle. An der zentrischen Stellung des Messingringes erkennt man, ob der Stab richtig mit seiner Mitte aufgelegt ist; die Stabilität des Ganzen wird durch das Gewicht des Ringes verbürgt. Natürlich gestattet die leicht bewegliche Vorrichtung eine Drehung der Stäbe um beliebig viele Grade. — Mein Instrument hat folgende Abmessungen: äusserer Durchmesser des Ringes 9 cm, innerer 6 cm, Dicke 4,5 mm; Dicke der Drähte etwa 5 mm; Länge der Gabeln 1,5 cm; Höhe des Hütchens 1 cm, Höhe des Instrumentes etwa 9 cm.

2. Dem Umsetzen meiner Influenzmaschine (Leysersche Form, Weinhold Demonstr. 2. Aufl., Fig. 406) vorzubeugen, schlug mir Herr Professor Weinhold folgendes vor, da sich nur mit mancher Schwierigkeit die von ihm erfundene Abänderung (Demonstr. S. 559) hätte anbringen lassen. An die Stelle der Papierkämme auf der rechteckigen Platte (a. a. O. *a*, *b*) traten zwei Spitzen aus Schablonenkupfer; die Dreiecke aus Silberpapier wurden abgezogen und durch Glasdreiecke gleicher Form aus nicht isolierendem Glase ersetzt, die Befestigung der Dreiecke aber mittels kleiner aufgeklebter Widerlager aus Pappe bewirkt. Von den Kupferspitzen bis zum Schwerpunkte der Dreiecke wurde die Silberpapierleitung mit einer Leitung aus 3 mm breiten Stanniolstreifen vertauscht, die längs der früheren Papierstreifen verläuft. Da diese Abänderung die gewünschte Wirkung (im allgemeinen) herbeiführt, ist es dem einen oder anderen Kollegen vielleicht angenehm, dies einfache Verfahren kennen zu lernen. Stellt sich im Laufe der Zeit das Umsetzen wieder ein, so reinigt man die leicht abnehmbaren Dreiecke. Hierbei habe ich die merkwürdige Erfahrung gemacht, dass auch ohne die Glasdreiecke meine Maschine in bester Weise erregt wird; ich lasse daher die Dreiecke nunmehr ganz beiseite. Offenbar also wirken die infolge des früheren Papierbelages lackfrei gebliebenen Stellen der Glastafel genau wie die aufgelegten Glasdreiecke.

3. Mein Platinnetz für Versuche über strahlende Wärme hat nicht das tüllartige Gewebe wie Fig. 332 in Weinholds Demonstr., sondern hat ein mullartiges Gefüge. Vielleicht hängt es damit zusammen, dass es auf die gewöhnliche Art erhitzt (Demonstr. S. 454) meist nur rotglühend wird. Bis zu beginnender Weissglut bringe ich es dann so, dass ich, wenn es durchaus rotglüht, den Gashahn rasch abdrehe und gleich darauf wieder voll öffne. Allerdings tritt jetzt keine vollständige Verbrennung des Gases ein, aber bei der kurzen Dauer der anzustellenden Versuche habe ich noch nie eine Belästigung durch die etwas riechenden Verbrennungsprodukte empfunden.

P. Meutzner, Meissen.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Experimente über die Flamme. Von F. Leconte. Zum Nachweis der kalten Region im Innern der Flamme können folgende Versuche dienen: 1. Ein viereckiges Stück von Canevas-Papier (wie es u. a. für Fröbelsche Kinderarbeiten gebraucht wird) wird in die Flamme eines Bunsenbrenners gehalten. Nach einigen Augenblicken zeigt sich ein schön gebräunter Ring, während die Mitte weiss geblieben ist. Mit demselben Papier lässt sich auch der longitudinale Durchschnitt der Flamme demonstrieren. 2. Ein Phosphorzündhölzchen wird rasch mit dem Kopf ins Innere der Flamme gesenkt, dann sieht man das Hölzchen etwa 1 cm vom Ende verkohlen, während das Ende unentzündet bleibt. 3. Auf einem Metalldrahtnetz häuft man einen kleinen Hügel von trockenem Schiesspulver an, so dass der Umfang möglichst scharf abgegrenzt ist, und führt das Pulver rasch in die Mitte der Flamme. Man kann es ziemlich lange unentzündet erhalten, bis endlich die gesteigerte Temperatur des Drahtnetzes die Entzündung bewirkt. Man zieht das Pulver besser vor diesem Moment heraus und entzündet es in dem heissen Teil der Flamme. 4. Hält man einen Platindraht quer durch die Flamme, so werden die Stellen des Drahtes, die in dem heissen Mantel der Flamme liegen, rotglühend, während der mittlere Teil unsichtbar bleibt. 5. Man schneidet von einem eisernen Gasrohr von 2 cm Durchmesser zwei Stücke von 3,5 cm Länge und schiebt sie nebeneinander auf einen Finger, so dass zwischen ihnen ein Raum von 4 bis 5 mm freibleibt. Man kann dann die unbedeckte Partie des Fingers etwa 10 Sekunden lang ins Innere der Flamme halten, ohne sich zu verbrennen. Man muss dabei den leeren Raum zwischen Rohr und Finger mit Papier ausfüllen, weil sonst der Gasstrom hindurchtreten und den Experimentator verbrennen würde. Die zunehmende Erhitzung der eisernen Rohrstücke setzt dem Versuch ein Ende. *La Nature, No. 978, 1892.*

Ein Demonstrationsversuch mit elektrischen Schwingungen. Von L. Arons. Um die stehenden elektrischen Schwingungen zwischen zwei parallelen Drähten nachzuweisen hat Lecher eine Geisslersche Röhre benutzt, die längs der Drähte verschoben wurde und in der Nähe eines Schwingungsbauches hell aufleuchtete (vgl. *d. Zeitschrift IV, 146*). Statt dessen kann der elektrische Zustand zwischen den Drähten auf einer längeren Strecke gleichzeitig sichtbar gemacht werden, wenn man die Drähte durch ein Glasrohr führt, aus dem die Luft ausgepumpt werden kann. Das benutzte Glasrohr (Fig. 1) hatte eine Länge von 250 cm und 6 cm im Durchmesser; es lief an beiden Enden in je zwei enge Ansatzrohre aus; durch diese waren zwei Aluminiumdrähte von 2 mm Durchmesser in 3 cm Abstand hindurchgezogen und ausserhalb des Rohres zu zwei Zinkplatten z geleitet, die den erregenden Platten Z gegenüberstanden und etwa $3^1/_2$ m von dem Glasrohr entfernt waren; am anderen Ende waren die Drähte durch einen durch den Glashahn g eingeschobenen Draht b überbrückt, so dass hier immer ein Schwingungsknoten lag. Das Glasrohr wurde mit einer Wasserluftpumpe evakuiert, der Druck darin betrug zwischen 10 und 20 mm Quecksilber. Der Induktionsapparat J wurde von vier Akkumulatoren getrieben.

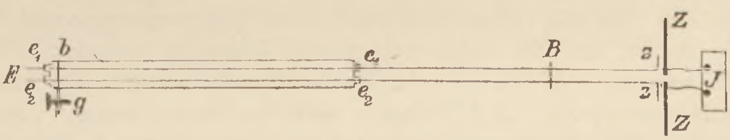


Fig. 1.

Befand sich ausser b keine Überbrückung auf den Drähten, so leuchtete der Raum zwischen den Drähten auf der ganzen Länge des Rohres. Wurde auf den freien Teil der Leitung zwischen $e_1 e_1$ und zz eine Brücke B aufgesetzt, so erlosch im allgemeinen das Licht. Rückte man nun mit der Brücke weiter, so fanden sich Stellungen, bei denen ein teilweises Leuchten im Rohr zeigte, dass infolge vorhandener Resonanz Schwingungen in der Leitung zu Stande kamen. Auf diese Weise konnten bis zu 5 Schwingungsbäuche gleichzeitig hervorgerufen werden. Fig. 2 giebt ein Bild der Erscheinung im Fall von 4 Bäuchen. Die Drähte blieben an den Knotenstellen dunkel, glimmten dagegen an den Bäuchen auf eine längere Strecke in bläulich weissem Lichte; kleine spitz zulaufende Zungen liefen an diesen Stellen in der Ebene der beiden Drähte gegen einander aus.

Die Methode kann auch zu ungefähren Messungen dienen, die wenigstens eine annähernde quantitative Orientierung ermöglichen, wofür der Verfasser eine Tabelle von Beobachtungszahlen mitteilt, die sich über 5 bis 23 auf der Leitung liegende Viertelwellenlängen erstrecken. Die beobachteten Werte von $x/2$ reichen von 132 bis 49 cm und stimmen mit den berechneten ziemlich befriedigend überein. Die Abhandlung enthält im Anschluss hieran noch einige Angaben über den Einfluss der Lage, die der Brücke B gegeben wird, auf die Erscheinung. *Wied. Ann.* **45**, *553, 1892.*

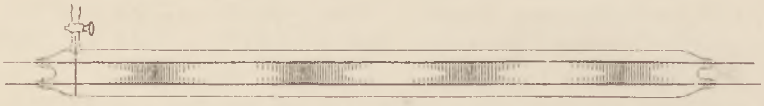


Fig. 2.

Demonstration der Hertzschen Funken. Um die Funken eines Hertzschen Resonators einer grösseren Zahl von Zuhörern sichtbar zu machen, kann man sie nach W. Lucas und T. A. Garret (*Phil. Mag.* **33.** *299. 1892*) zur Entzündung eines explosiblen Gasgemisches benutzen. Zu dem Zweck sind in einer offenen, senkrecht gestellten Glasröhre von den Seiten her zwei Platindrähte eingeführt, zwischen denen die Funkenstrecke des Resonators hervorgebracht wird. Im unteren Teil der Röhre befinden sich zwei Platinelektroden, die mit Chlorwasserstoffsäure umgeben sind, so dass beim Durchleiten eines Stromes eine explosible Mischung von Wasserstoff und Chlor entsteht. Durch zweckmässige Anordnung erreicht man es, dass die für eine Explosion erforderliche Gasmenge in einer Zeit entwickelt wird, die kürzer ist als das Intervall zwischen zwei Funken. Verdünnte Schwefelsäure ist zur Erzeugung des explosiblen Gemisches weniger geeignet, da kleine Funken die Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff nicht sicher zum Explodieren bringen.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Bestimmung der Dielektrizitätsconstanten vermittelst der Hertzschen Wellen. Die älteren Versuche zur Bestimmung der Dielektrizitätsconstanten durch dauernde und durch alternierende Ladungen von Condensatoren hatten das Maxwell'sche Gesetz, welches ausspricht, dass jene Grösse dem Quadrat des Brechungsexponenten der dielektrischen Substanz gleich sei, nur für einige wenige gute Isolatoren bestätigt. Es hatte sich gezeigt, dass die gefundenen Werte um so besser der Theorie genügten, je schneller die benutzten Oscillationen verliefen. J. J. Thomson versuchte infolge dessen (*Proc. Roy. Soc. Lond. 46. 292. 1889*), die sehr schnellen Schwingungen eines Hertzschen Erregers zur Bestimmung der Dielektrizitätsconstanten des Glases, für welches das Maxwellsche Gesetz bis dahin nicht bestätigt war, zu verwenden. Die beiden Platten des Hertzschen Erregers wurden in einem Abstande von 30 cm einander gegenübergestellt, sodass in ihnen durch das Überspringen der Funken zwischen den mit ihnen verbundenen Entladungskugeln eine periodische Elektrizitätsverteilung erzeugt wurde. Diesen Platten wurden zwei kleinere Platten in der Entfernung 2 cm gegenübergestellt, von denen die beiden 20 m langen Paralleldrähte ausliefen. Die Wellenlänge in diesen Drähten wurde mit Hilfe einer Drahtbrücke bestimmt, deren Mitte durch ein Funkenmikrometer unterbrochen war, indem zunächst das eine Ende des Brückendrahtes auf das Ende des einen der Paralleldrähte gelegt wurde, an welchem sich ein Knotenpunkt des Wellensystems befinden muss, und mit dem andern Ende der Brücke auf dem zweiten Paralleldraht die Stelle aufgesucht wurde, für welche die Funken im Mikrometer verschwanden; sodann wurde diese zweite Stelle festgehalten und auf dem ersten Draht ein Punkt gesucht, für welchen ebenfalls das Funkenmikrometer

Gleichheit des Potentials anzeigte. Der Abstand dieser Stelle vom Ende des Drahtes ergab die Länge der Welle. Wurde diese Messung ausgeführt einmal im Falle dass der Zwischenraum zwischen den Platten des Erregers und den kleineren Platten, von denen die Paralleldrähte ausgingen, mit Luft, das andere Mal mit Glas gefüllt war, so ergab sich die Dielektrizitätsconstante des Glases. Der gefundene Wert (2,7) war kleiner, als der nach älteren Methoden bestimmte und zeigte sich nur wenig grösser als das Quadrat des Brechungsexponenten. Den Grund der Abweichung glaubte Thomson in der anomalen Dispersion des Glases für die langen elektrischen Wellen zu finden.

Lecher verwendete seine zur Darstellung der Hertzschen Schwingungen benutzte Vorrichtung (*d. Zeitschr. IV, 146*), indem er die Paralleldrähte in Condensatorplatten enden liess, deren Abstand variiert werden konnte und durch Überbrücken der beiden Drähte ein quer über dieselben gelegtes Geisslersches Entladungsrohr zum Aufleuchten brachte. (*Ber. d. Wien. Akad. 99 IIa 1890.*) Wurde die Luft innerhalb des Kondensators durch ein Dielektrikum ersetzt, so hörte das Aufleuchten der Röhre auf und konnte durch Änderung der Entfernung der Condensatorplatten wieder hervorgerufen werden. Er setzte die Kapazitäten des Condensators für beide Fälle einander gleich und berechnete dadurch die Dielektrizitätskonstante. Er fand im Gegensatz zu Thomson, dass diese Grösse bei zunehmender Schnelligkeit der Schwingungen scheinbar zunehme. Diese Zunahme rührt nach Blodlot (*Journal de Physique (2) X Mai 1891*) von der Verschiebung der Condensatorplatten her, die nach seinen Versuchen falsche Resultate liefert. Blondlot ersetzt den Hertzschen Erreger durch zwei einander im Abstande von 5,5 cm vertikal gegenübergestellte Platten von 51 cm Länge und 32 cm Höhe, welche in den Mitten ihrer einander zugekehrten Flächen zwei Entladungskugeln trugen. Zwischen diesen ging in 0,4 cm langen Funken der Strom eines Induktoriums über, in dessen Kreis eine Geisslersche Röhre eingeschaltet war, so dass ein in Bezug auf die Verbindungslinie der Mitten beider Flächen symmetrisches Feld gebildet wurde. Der einen Erregerplatte gegenüber waren in gleichen Abständen zwei quadratische Platten von 10 cm Seite symmetrisch zur Axe des Feldes aufgestellt, welche mit der Erregerplatte zwei Condensatoren bildeten. Von diesen kleineren Platten aus liefen zwei parallel ausgespannte gleichlange Kupferdrähte, deren Enden mit zwei das Funkenmikrometer bildenden Lichtkohlen versehen waren. Bei der herrschenden Symmetrie konnten im Mikrometer keine Funken überspringen, solange beide Condensatoren dasselbe Dielektrikum enthielten. Wurde nun die Luft in dem einen Condensator durch eine Glasplatte ersetzt, so konnten die sofort auftretenden Funken wieder zum Verschwinden gebracht werden, dadurch dass in den zweiten Condensator eine nach Art des Babinetschen Compensators aus zwei Schwefelkeilen construierte Platte von variabler Dicke geschoben wurde. Aus dem Dickenverhältnis beider Platten ergab sich die Dielektrizitätsconstante des Glases, übereinstimmend mit dem Thomsonschen Werte. Wurde dagegen der Einfluss des Glases, wie beim Lecherschen Verfahren, durch Verschieben der Condensatorplatte compensiert, so ergaben sich abweichende Werte.

Auf eine andere Art hat Waitz (*Wied. Ann. 41. 435. 1890*) die Dielektrizitätsconstanten von Flüssigkeiten zu bestimmen gesucht. Dem aus zwei am einen Ende mit Entladungskugeln, am andern mit quadratischen Platten versehenen Messingstäben bestehenden Hertzschen Erreger, dessen Platten und Kugeln in derselben Vertikalebene lagen, wurde ein Resonatorkreis parallel gegenübergestellt, dessen Funkenmikrometer sich im tiefsten Punkte des Kreises befand. Von irgend zwei Stellen des Kreises liefen horizontal zwei parallele Abzweigungsdrähte aus, die durch eine verschiebbare Brücke mit einander verbunden werden konnten. Wurden zwei Lagen der Brücke so bestimmt, dass die Funken des Mikrometers möglichst schwach waren, so gab ihre Entfernung, da in der Brücke stets ein Knotenpunkt des Wellensystems lag, die Wellenlänge an. Diese konnte für Luft und für Flüssigkeiten bestimmt werden dadurch, dass die beiden Drähte isoliert durch eine Zinkblechrinne geführt wurden, welche mit der zu untersuchenden

Flüssigkeit gefüllt war. Aus beiden Wellenlängen ergab sich die Dielektrizitätsconstante der Flüssigkeit.

Die Dielektrizitätsconstante des Wassers und von Salzlösungen hat Cohn (*Berl. Acad. Ber. 1891, Dez.*) bestimmt, indem er die nach dem Lecherschen Verfahren hergestellten Drahtwellen durch die Flüssigkeit leitete. Bie Schwingungen eines Hertzschen Oscillators wurden von zwei quadratischen Platten aufgenommen und durch zwei Paralleldrähte fortgeleitet, längs welcher sich zwei aus dünnen Glasröhren mit umgewundenen Drahtspiralen gebildete kleine Leydener Flaschen verschieben liessen, deren äussere Belegungen zu einem Rubensschen Dynamobolometer (*Wied. Ann. 37. 769. 1889*) führten. Die Enden der Paralleldrähte waren durch eine mit Wasser gefüllte Steingutwanne geleitet. Innerhalb der Wanne liessen sich auf den Drähten ebenfalls zwei kleine Leydener Flaschen verschieben, welche aus dünnen spiralig um den Draht gewundenen und mit Quecksilber gefüllten Röhren bestanden. Die Paralleldrähte waren im Wasser direkt an der dem Erreger zugekehrten Wand des Troges durch einen Kupferbügel überbrückt. Dann wurde der in der Luft befindliche Teil der Paralleldrähte durch Auflegen einer Drahtbrücke in zwei mit einander in Bewegung stehende Teile zerlegt, indem die Brücke solange verschoben wurde, bis die in der Mitte der durch sie abgegrenzten Strecke angebrachten Leydener Flaschen im Bolometer ein Energiemaximum erkennen liessen. Darauf wurden die im Wasser befindlichen Leydener Flaschen mit dem Bolometer verbunden und in derselben Weise mit Hilfe einer Drahtbrücke innerhalb des Wassertroges zwei neue Stellen auf den Drähten aufgesucht, für welche Resonanz stattfand. Hiermit war die Wellenlänge in der Luft und im Wasser und daher auch die Dielektrizitätsconstante der letzteren gegeben. Es ergab sich für sie der Wert 73,5, für die Temperatur 17°, während ältere Messungen von Cohn und Arons (*Wied. Ann. 33. 13. 1888*) nach der Schillerschen Methode die Zahl 76 geliefert hatten.

Mit Hilfe einer von Hertz in seiner ersten Arbeit (*Wied. Ann. 31. 423. 1887*) angegebenen Vorrichtung fand J. J. Thomson (*Phil. Mag. (5) 30. 129. 1890*) für die Dielektrizitätsconstanten von Paraffin und Schwefel Werte, welche dem Maxwellschen Gesetze entsprechen. Hertz hatte den einen Pol eines Induktoriums mit einem Drahtrechteck von 80 und 120 cm Seitenlänge verbunden, dessen eine kürzere Seite ein Riesssches Funkenmikrometer enthielt. Durch die Phasendifferenz, welche die von der Zuleitungsstelle nach beiden Seiten ausgehenden Schwingungen bei ihrer Ankunft am Mikrometer besassen, wurde ein Funkenstrom in demselben erzeugt, der nur verschwand, wenn die Zuleitungstelle in der Mitte der dem Mikrometer gegenüberliegenden Rechteckseite lag. Thomson benutzte zur Erzeugung der Wellen einen Hertzschen Erreger, umgab die beiden Längsseiten des Rechtecks mit verschiedenen dielektrischen Substanzen und verschob die Zuleitungsstelle bis zum Verschwinden der Funken im Mikrometer. Die Geschwindigkeiten der Elektrizität in den beiden Medien sind dann den entsprechenden Drahtlängen von der Zuleitungsstelle bis zum Funkenmikrometer proportional.

Um die symmetrische Lage der Zuleitungsstelle zum Funkenmikrometer zu wahren, ersetzte Waitz (*Wied. Ann. 44. 527. 1891*) die eine Längsseite des Rechtecks durch ein über die benachbarten kürzeren Seiten verschiebbares U-förmig gebogenes Rohr, sodass er den Einfluss des Dielektrikums, welches die andere Längsseite des Rechtecks umgab, durch Verschieben des Rohres compensieren konnte. Er fand, dass sich die Compensationslänge änderte, wenn er verschiedene Stellen des Drahtes mit dem Dielektrikum umgab und dass sie ihren grössten Werth annahm, wenn sich das Dielektrikum an einem Schwingungsknoten befand.

Dieselbe Methode wurde von Arons und Rubens (*Wied. Ann. 42. 581, 44. 206. 1891*) modifiziert und zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten verschiedener fester und flüssiger Körper benutzt. Statt eines Drahtrechteckes wurden zwei horizontal liegende gleiche Rechtecke in der vertikalen Entfernung von 8 cm aufgestellt und zwei untereinander liegende Stellen beider Rechtecke mit den beiden Platten verbunden, welche den

Hertzschen Erregerplatten gegenüberstanden. Die Funkenmikrometer waren durch zwei Paar Condensatorplatten ersetzt, die mit den inneren Belegungen kleiner aus Glasröhren und äusseren Kupferwindungen gebildeter Leydener Flaschen verbunden waren. Die äusseren Belegungen derselben standen kreuzweise mit einander und mit einem Dynamobolometer in Verbindung. Ein Seitenpaar dieser Rechtecke wurde isoliert durch einen Blechkasten geführt, der mit dem flüssigen oder festen Dielektrikum gefüllt war und aus der zum Eintritt des Minimums des Bolometerausschlags erforderlichen Verschiebung der Zuleitungsstellen die Dielektrizitätsconstante des in dem Kasten befindlichen Mediums berechnet. Diese aus den Wellenlängen gefundenen Zahlen wurden mit den nach dem Schillerschen Verfahren für dieselben Medien bestimmten Werten der Dielektrizitätskonstante verglichen und aus ihrer guten Übereinstimmung gefolgert, dass für die langen elektrischen Wellen das Maxwellsche Gesetz giltig ist, dass die bisher gefundenen Abweichungen von denselben ihre Erklärung finden in der bei diesen Körpern vorhandenen grossen Verschiedenheit des Brechungsexponenten für die kurzen Lichtwellen und die langen elektrischen Wellen. *H. R.*

Über die Reflexion von Strahlen elektrischer Kraft an Schwefel- und Metallplatten. Von Ignaz Klemenčič. (*Wied. Ann. 45. 62. 1892.*) Nach der von Hertz in seiner Arbeit über Strahlen elektrischer Kraft (*Wied. Ann. 36, 769; 1889*) angegebenen Methode hat Klemenčič die Reflexion und Brechung der elektrischen Wellen an einer Schwefel- und Zinkplatte und an einem Drahtgitter untersucht, indem er den Hertzschen Kreis durch seinen Sekundärleiter (zwei durch ein Thermoelement mit einander verbundene Messingplatten) ersetzte. Um die vertikal aufgestellte reflektierende Platte liessen sich zwei Hohlspiegel bewegen, deren einer in seinem Brennpunkt den aus zwei an den Enden mit Halbkugeln versehenen Messingcylindern gebildeten Hertzschen Primärinductor und seitlich eines der genannten Thermoelemente trug, während in dem Brennpunkt des anderen ein zweites Thermoelement angebracht war. Der in den beiden mit einander verbundenen Thermoelementen entstehende Strom wurde durch ein Galvanometer geleitet, welches demnach die Summe oder die Differenz der in beiden Spiegeln vorhandenen Energieen mass. Die Dicke der Schwefelplatte (7 cm) war so gewählt, dass durch den Gangunterschied der an der Vorder- und Rückfläche reflektierten Strahlen der durch die beiden Reflexionen entstehende Phasenunterschied von einer halben Wellenlänge auf eine ganze Wellenlänge gebracht wurde, und so die von beiden Flächen reflektierten Strahlen sich gegenseitig verstärkten. Das Gitter war aus Drähten verfertigt, welche im Abstande von 1,5 cm vertikal nebeneinander ausgespannt waren. Durch Drehen des Primärleiters um seine horizontale Axe konnte die Schwingungsrichtung der elektrischen Wellen parallel oder senkrecht zur Einfallsebene gestellt werden. Die Metallplatte und das Gitter reflektierten die Strahlen unter allen Einfallswinkeln und für jede Schwingungsrichtung sehr kräftig; sie liessen dagegen keine Strahlen hindurch. Die Schwefelplatte reflektierte die Strahlen nur dann kräftig, wenn die Schwingungsrichtung zur Einfallsebene senkrecht lag. War die Schwingungsrichtung der Einfallsebene parallel, so nahm die Intensität des reflektierten Strahls mit zunehmendem Einfallswinkel ab und verschwand, wenn der Einfallswinkel zwischen 60° und 65° lag. Der hindurchgelassene Strahl zeigte das entgegengesetzte Verhalten. Es folgt hieraus, dass die elektrischen Verschiebungen im Strahl senkrecht zur Polarisationsebene stehen. Der auf diese Art gefundene Polarisationswinkel des Schwefels stimmt mit dem aus dem Brechungsexponenten folgenden gut überein; es gelang jedoch nicht, die für die Intensität des reflektierten und durchgelassenen Strahles erhaltenen Resultate mit den Fresnelschen Gleichungen in Einklang zu bringen. *H. R.*

3. Geschichte.

Zur Geschichte der Bronze und des Alkohols. M. Berthelot (*C. R., CXI p. 713 ff., 1890*) hat in einem Manuskripte aus der Zeit Karls des Grossen, in welchem merkwürdiger Weise auch das Wort Vitriol schon in dem jetzigen Sinne gebraucht wird, interessante Mitteilungen über die „compositio brandisii" gefunden. Unter diesem Namen (vgl. *diese Zeitschr. II 305, 1889*) hat man unzweifelhaft die Bronze, das aes Brundisinum des Plinius, zu verstehen. Zur Darstellung solle man 2 Teile *Cu*, 1 Teil *Pb* und 1 Teil *Sn*, oder — nach einer zweiten Vorschrift des Manuskriptes — 2 Teile *Cu*, 1 Teil *Pb*, $^1/_2$ Teil Glas und $^1/_2$ Teil *Sn* nehmen. Hiernach würde die Bronze der Alchemisten der antiken nahe stehen, während die neuere von ihr bekanntlich durch einen bedeutenden Zinkgehalt unterschieden ist.

Die Entdeckung des Alkohols wird gewöhnlich dem Alchemisten Arnoldus Villanovanus, welcher dessen Bereitung im Anfang des 14. Jahrhunderts in seiner Schrift „de conservanda juventute" ausführlich angegeben hat, zugeschrieben. Nach Arnoldus sowie nach seinem jüngeren Zeitgenossen Raymundus Lullus (vgl. über beide *diese Zeitschr. V 152 ff., 1892*) wird das „Lebenswasser" durch Destillation von Wein bereitet; es müsse alsdann so lange rektifiziert werden, bis es, ohne Spuren von Wasser zu hinterlassen, verbrenne. Ausserordentlich seien seine Kräfte; es heile nicht nur alle möglichen Krankheiten, es stehe sogar dem Stein der Weisen sehr nahe, denn es verlängere das Leben und trage daher mit Recht den Namen „aqua vitae". Nach den Untersuchungen von Berthelot (*Ann. de Ch. et de Phys., Ser. 6 t. XXIII 433 ff., 1891*) ist jedoch die Darstellung des reinen Alkohols schon viel früher bekannt gewesen. Freilich dürfe man ihn in den alten Schriften weder unter dem Namen „Alkohol", welcher damals alles Feine, noch unter dem Namen „Spiritus", welcher verschiedene flüchtige Stoffe wie Schwefel, Arsen u. s. w. bedeutete, suchen; vielmehr sei er gewöhnlich brennendes Wasser oder Lebenswasser genannt worden. Die Alten hätten schon, wie aus Stellen bei Aristoteles, Theophrast und Plinius hervorgehe, gewusst, dass sich beim Kochen des Weines brennbare Dämpfe entwickeln. Auch finde sich in einem Texte, der jedenfalls viel älter als das Werk des Villanovanus und wahrscheinlich mit den Schriften des Marcus Graecus gleichaltrig sei, folgende Vorschrift zur Darstellung des Alkohols (citiert nach einem ausführlichen Referate in der *Naturw. Rundschau VII S. 10, 1892*): „Das brennende Wasser bereitet man also. Man nehme guten alten Wein, gleichgültig von welcher Farbe, und destilliere ihn aus einem Destillationsgefässe mit wohlverschmierten Fugen über gelindem Feuer. Das Destillationsprodukt heisst brennendes Wasser. Die folgenden sind seine Kräfte und Eigenschaften: Tränkt man damit ein Stück Leinwand und zündet es an, so entsteht eine grosse Flamme. Ist diese erloschen, so ist die Leinwand geblieben, wie sie war. Taucht man den Finger in diese Flüssigkeit und bringt ihn ans Feuer, so brennt er wie eine Kerze, ohne eine Verletzung zu erfahren u. s. w." — Hiernach wäre die Entdeckung des Alkohols jedenfalls in eine frühere Zeit als die zweite Hälfte des 13. Jahrhunderts, die Blütezeit des Arnoldus, zurückzuverlegen. *J. Schiff.*

4. Unterricht und Methode.

Die Behandlung der Lehre vom elektrischen Strome in den oberen Klassen höherer Lehranstalten. In dem Leitfaden der Physik von Mach und Jaumann (vgl. *diese Zeitschr. IV 105 u. V. 265*) sind die von dem letzteren verfassten Abschnitte über die magnetische Fernwirkung und die Induktionserscheinungen für den Lehrer besonders insofern wertvoll, als sie frischen Stoff zu solchen physikalischen Übungen bieten, die für die Mathematikstunden der Prima geeignet sind. Der ebenfalls von Jaumann herrührende Abschnitt dieses Buches über den elektrischen Stromzustand hingegen verdient vorzugsweise desshalb Beachtung, weil in ihm der Lehrstoff von neuen Gesichtspunkten aus betrachtet und in eigenartiger Weise angeordnet wird.

Jaumann beginnt mit der Messung kleiner Potentialdifferenzen mittels des Quadrant-Elektrometers von Thomson und erörtert dann recht ausführlich die verschiedenen Entstehungsarten von Potentialdifferenzen und die Vermehrung oder Verminderung kleiner elektromotorischer Wirkungen durch Hinter- oder Gegeneinanderschaltung mehrerer elektromotorischer Elemente: Smeesche Kette, Voltascher Becher, Voltasche und Zambonische Säule; Spannungsgesetz; Thermoketten und Thermosäulen. Nachdem die Wirkung der Nebeneinanderschaltung der Elemente dargelegt worden ist, bildet die Betrachtung des Schliessungsfunkens der Zambonischen Säule und des Funkenstroms (Stromschlusses) einer Thermosäule oder Voltaschen Kette den Übergang zu einer eingehenden Untersuchung des stationären Stromzustandes.

Jaumann betrachtet den Stromvorgang in einem Drahte als eine Beförderung einer Energie (Stromenergie) in demselben, die sich dabei zum Teil in Wärme umsetzt. Er weist an einem homogenen Stromkreis nach, dass dieser ein unveränderliches Potentialgefälle hat, und dass sich an den Reaktionsflächen der Batterie Potentialsprünge von entgegengesetztem Sinne erhalten. Ist aber der Stromkreis nicht durchaus homogen, so ändert sich das Potentialgefälle in ihm. Es ist da am grössten, wo die stärkste Wärmeentwicklung stattfindet, und zwar ist die in einem Centimeter der Länge während einer Sekunde erzeugte Wärme dem Quadrat des Potentialgefälles an dieser Stelle proportional. In einem gegebenen Stück Draht ist die Wärmeentwicklung stets gleich gross, mag dieses Stück auch in einen beliebigen anderen Stromkreis eingeschaltet werden, wenn nur dasselbe Potentialgefälle in dem Leiterstück hergestellt wird. Eine einfache Überlegung liefert nun den Satz, dass die in einem Leitungsdraht erzeugte Wärme unter sonst unveränderten Umständen seinem Querschnitt proportional ist. Nachdem ferner noch dargethan worden ist, dass die Grösse dieser Wärmeentwicklung von dem Stoff des Leiters, von der Grösse aber nicht von der Form seines Querschnittes und auch nicht von der Form, in die der Draht gebogen ist, abhängt, wird das Joulesche Gesetz in einer mathematischen Formel ausgedrückt. Eine dabei auftretende Constante, die von der Natur und Form des Leiters abhängt, wird Leitungswiderstand desselben genannt.

Nunmehr wird das Gesetz abgeleitet, nach dem die Wärmeerzeugung also das Potentialgefälle längs eines nicht homogenen Stromkreises sich ändert. Ersetzt man ein Stück des Stromleiters durch einen anderen Leiter gleichen Widerstands, so ist auch die in ihm erzeugte Wärme die gleiche. Nachdem noch die beiden Sätze aufgestellt worden sind, dass in Leiterstücken gleichen Widerstands, die beliebig in denselben Stromkreis eingeschaltet sind, gleiche Wärmemengen erzeugt werden, und dass in Leiterstücken verschiedenen Widerstands, die beliebig in denselben Stromkreis eingeschaltet sind, Wärmemengen entwickelt werden, die sich wie ihre Widerstände verhalten, wird das Ohmsche Gesetz in einer Formel ausgedrückt und zugleich nachgewiesen, dass die hierbei auftretende Constante, die als Stromstärke bezeichnet wird, und das Potentialgefälle zwei Ausdrücke sind, durch die man dieselbe Erscheinung je nach dem verfolgten Zwecke vorteilhaft beschreibt.

Jaumann leitet also das Ohmsche Gesetz aus dem Jouleschen ab. Theoretisch betrachtet ist diese Umstellung durchaus zulässig und nicht ohne Vorzüge; für den Lehrer aber, der seine Schüler an der Hand der Versuche in dieses Gebiet einzuführen hat, bedeutet ein solches Vorgehen eine Umwälzung in dem üblichen Lehrgang und in der gewohnten Versuchsfolge. Jaumann giebt zwar den Gedankengang des experimentellen Beweises für das Joulesche und das Ohmsche Gesetz an, er zeigt aber nicht, wie eine solche Versuchsreihe wirklich ausgeführt werden kann. Macht man sich nach Müller-Pfaundler *(9. Aufl. III. 509 ff.)* ein ungefähres Bild von einem derartigen Versuchsgang, so wird man die Befürchtung nicht unterdrücken können, dass er voraussichtlich für die Schule zu eintönig und umständlich sich gestaltet, und dass die einzelnen Versuche wenigstens für Klassen mit vielen Schülern nicht weit genug sichtbar sind. Eine didaktisch brauchbare Übertragung der Jaumannschen Ableitung des Jouleschen und Ohmschen Gesetzes aus dem Theoretischen in das Praktische würde als eine erhebliche Förderung des physikalischen Unterrichts anzusehen sein, zumal eine derartige Behandlung der Lehre vom elektrischen Strome sich an grossstädtischen Anstalten, denen Maschinenstrom geliefert wird, als vorteilhaft herausstellen dürfte.

An das Ohmsche Gesetz schliesst Jaumann die Ableitung der Kirchhoffschen Sätze an. Ein besonderes Kapitel behandelt die wichtigsten Anwendungen der Gesetze von Ohm, Kirchhoff und Joule. Hierauf folgt eine interessante Vergleichung der Stromarbeit mit der elektrostatischen Arbeit, die den Gedanken nahe legt, ob es nicht vielleicht zweckmässig wäre, zwischen die Lehre von der Reibungselektrizität und die Lehre vom elektrischen Strome eine Betrachtung der Convektionserscheinungen einzuschalten. (Vgl. Maxwell, *Die Elektrizität in elementarer Behandlung, herausgegeben von Garnett und übersetzt von Graetz. S. 102.*) Den Schluss des Abschnittes bildet die Betrachtung der Umkehrung der Elektrisierungsvorgänge, Peltier-Effekt, Elektrolyse, Polarisation, Accumulatoren, die verschiedenen galvanischen Elemente. *H. H.-M.*

Einleitung in die Lehre vom Galvanismus. Von G. L. F. Schickhelm (Ohlau) Die *„Lehrproben und Lehrgänge“* von Frick und Meier bringen in ihrem XXVI. Heft (1891) eine methodische Behandlung dieses klippenreichen Abschnittes des physikalischen Unterrichtes. Es ist gewiss ein gesunder Gedanke, wenn vor allem die Problemstellung betont und die Forderung erhoben wird, dass die Probleme nicht unvermittelt neben einander gestellt werden sollten, sondern dass eins aus dem vorhergehenden sich ergeben und so zur Fragestellung zwingen müsse. In diesem Sinne wird der Unterrichtsstoff für die ersten sechs bis sieben Stunden zurechtgelegt. Leider hat der Verfasser geglaubt, sich möglichst genau an den oft sehr verschlungenen Weg halten zu müssen, den die Contaktheorie bei ihrem allmählichen Vorschreiten verfolgt hat, und so werden denn mehrere Stunden auf die Voltaschen Spannungsgesetze und deren Erläuterung durch Zahlenbeispiele verwendet. Ich gestehe offen, dass ich selbst früher ein ähnliches Verfahren eingeschlagen habe, dass ich aber bald zu der Überzeugung gelangt bin, bei diesem Vorgehen sehr viel leeres Stroh zu dreschen. Auch der vorliegende mit einem gewissen Enthusiasmus entworfene Plan hat dies Urteil nicht ändern können. Von da an, wo Zahlenwerte für die geschiedenen „Elektrizitäten“ eingeführt werden, bewegt sich alles auf schlüpfrigem Grunde; dass die elektromotorische Kraft zwischen *Cu* und *Zn* eine bestimmte elektrische Differenz = 100 hervorbringt, wird so erläutert: es macht die „Elektrizität“ vom Kupfer zum Zink gleichsam einen Sprung um 100! Dann wieder wird dieselbe Grösse als „elektrische Spannungsdifferenz“ bezeichnet und von ihr ausgesagt, dass sie unabhängig von der Form und Grösse der Berührungsflächen sei — was, in dem vorher angegebenen Sinne auf Elektrizität bezogen, unrichtig ist. Es wird nicht einmal eine Andeutung davon gegeben, auf welche Weise diese durch Zahlen bestimmten Quantitäten gemessen werden können. (Denn die angeführten Versuche über Contakt von Metallen miteinander und mit Flüssigkeiten sind, selbst ihr sicheres Gelingen vorausgesetzt, nicht zu vergleichenden Maassbestimmungen geeignet.) So schweben denn alle die schönen Auseinandersetzungen über Einordnen in die Spannungsreihe, über Leiter erster und zweiter Klasse, über die elektrischen Differenzen in einem Element, völlig in der Luft. Es zeigt sich auch hier, dass die Vorgänge im Stromkreis eines Elements ohne die Einführung der elektrischen Kraft Ohms, d. h. eben des Potentialbegriffs, nicht klar gelegt werden können. (Wenn von anderer Seite statt dessen die „Dichtigkeit“ für ausreichend gehalten wird, so ist zu bedenken, dass dieser Begriff nur so lange verwendbar ist, wie es sich um geometrisch entsprechend liegende Stellen gleich grosser Endplatten, etwa einer Voltaschen Säule, handelt, dass er aber auf beliebige Stellen einer Leitung nicht ohne weiteres statt des Potentialbegriffs angewandt werden darf.) Es muss durchaus daran festgehalten werden, dass im physikalischen Unterricht keinerlei Unklarheiten unterlaufen dürfen; was nicht zu völliger Klarheit erhoben werden kann, sollte lieber gar nicht behandelt werden — sonst wird leicht das Ziel dieses Unterrichts, die Weckung des Sinnes für klare und deutliche Erkenntnis, ins Gegenteil verkehrt. Auch der Umstand, dass selbst in hochangesehenen wissenschaftlichen Lehrbüchern diese Dinge nicht scharf aufgefasst sind, ja dass die beteiligten Forscher selbst sich nicht immer über die erst im Werden befindlichen Begriffe klar zu werden vermochten, darf nicht dazu verleiten, es im Unterrichte weniger genau zu nehmen. Der echte historische Weg im Unterricht soll nicht alle Zwischenstufen der Forschung reproduzieren, sondern an die grossen bahnbrechenden Forscher (hier G. S. Ohm) anknüpfen.

Bei der Wichtigkeit der Sache dürfen auch einzelne Irrtümer und Ungenauigkeiten, die in dem vorliegenden Aufsatz vorkommen, hier nicht unberichtigt bleiben. Der Vorzug des Condensators wird darin gesucht, dass die Elektrizitäten bei ihm gebunden sind, während ohne ihn die Ladung des Elektroskops durch Leitung und Strahlung leicht an die Luft übergeht. Wenn die Schüler einmal gesehen haben, wie ein Elektroskop bei trockener Luft seine Ladung lange Zeit festhält, so werden sie selbst das Unzutreffende dieser Darstellung erkennen. Vielmehr würde auf die verstärkende Wirkung des Condensators hingewiesen werden müssen. — Die Berechnung der elektrischen Differenz an einem galvanischen Element aus den Differenzen der einzelnen Bestandteile gilt nur für die Pole des offenen, nicht aber, wie die Darstellung und die Figur glauben machen, für die des geschlossenen Elements. — Wenn gesagt wird: Wir haben also zwei galvanische Ströme vor uns, vom Kupferpol fliesst der positive, vom Zinkpol der negative Strom durch den Draht, so sollte dies nicht als Thatsache, sondern mit aller Bestimmtheit als eine Auffassungsform ausgesprochen werden. — Bei der Betrachtung der Potentialdifferenzen zwischen Metallen und Flüssigkeiten wird die hohe Potentialdifferenz gewisser Combinationen, wie $Zn/HSo_4/HNo_3/Pt$ als leitende Idee benutzt, die zur Construktion constanter Elemente führt, dies ist unhistorisch und verschleiert das wahre Motiv, das zur Erfindung dieser Elemente den Anstoss gegeben hat. Auch wird die am Schlusse aufgeworfene Frage, wie erhält man constante Ströme, erst nach Vorführung der chemischen Wirkungen und der Polarisationsvorgänge beantwortet werden können. Man wird die constanten Elemente einführen, wegen ihrer Erklärung aber auf später verweisen. — Am meisten Bedenken erregt der letzte Abschnitt über den Einfluss der Vergrösserung der Metallplatten auf die Stärke des Stroms. Die vorhin erwähnte Unklarheit über die Differenz der „Elektrizitäten“ an der Berührungsstelle scheint sich auch hier eingemischt zu haben; denn nachdem ein Element mit einer Hareschen Spirale zusammengesetzt und das Glühen eines Drahtes gezeigt ist, wird als Erklärung hinzugefügt: „Die an den Berührungsstellen entstehende elektrische Differenz ist nach wie vor dieselbe, aber während vorher die Elektrizität auf dem engen Wege zwischen dem Kupfer- und Zinkstreifen sich drängte, kann sie jetzt auf einem viel breiteren Wege, also viel „bequemer“, ohne jenen grossen Widerstand, den sie vorher erlitten, die Flüssigkeit durchströmen.“ Hier fehlt jeder Hinweis darauf, dass trotz der gleichen elektrischen Differenz die an den grösseren Flächen ausgeschiedenen Elektrizitätsmengen in gleichem Verhältnis vergrössert sein müssen, woraus sich die grössere Stromstärke aufs ungezwungenste ergiebt. Bei der Ableitung des Ohmschen Gesetzes pflegt freilich der unmittelbare Zusammenhang zwischen Stromstärke und Querschnitt dadurch verdeckt zu werden, dass der Querschnitt mit mehreren anderen Grössen zum Ausdruck für den Widerstand zusammengefasst wird. Dies ist aber eine bloss mathematische Operation, wie denn auch der Widerstand keinesfalls durch Überlegungen wie die eben citierte eingeführt werden darf. Mit demselben Schein des Rechten könnte man deduzieren, dass der grössere Querschnitt, wegen der grösseren im Wege stehenden Masse, einen grösseren Widerstand ausübt. Solche Deduktionen sind in populären Vorlesungen üblich, sie eignen sich aber nicht für einen ernsthaften Unterricht. Aus allem Gesagten wird von neuem erhellen, wieviel Scholastik noch auf diesem, wie auf manchen anderen Gebieten des physikalischen Unterrichts zu überwinden bleibt.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Das Naturfarbenlichtdruckverfahren Vogel-Ulrich. Zwei Wege hat man eingeschlagen, um zur Lösung des höchsten Problems der Photographie, der Photographie in natürlichen Farben zu gelangen:

1) Direkte Aufnahme mittelst photographischer Schichten, die für alle Farben

empfindlich sind und die Wirkung jeder Farbe in der Originalfarbe wiedergeben. Dahin gehören die Versuche von Seebeck (Goethes Farbenlehre 1810), Becquerel, Niépce de St. Victor, Poitevin, Zenker, Lippmann u. s. w. Diese Methode hat den Übelstand, dass die wiedergegebene Farbe aus physikalischen Gründen nicht genau der Naturfarbe gleicht, dass sie ferner nur die Aufnahme glühend heller Körper (Spektrum, durch elektrisches Licht beleuchtete bunte Scheiben) gestattet und für jedes neue Bild eine neue Aufnahme nötig macht.

2) Aufnahmen mit Benutzung des Farbendruckprinzips und der damit möglichen Vervielfältigung. Dieser zweite Weg wurde bereits von Ransonnet in Österreich, Collen in England 1865 vorgeschlagen; sie verlangten die Herstellung dreier Aufnahmen nach demselben farbigen Gegenstande durch rotes, gelbes und blaues Glas. So sollten drei Negative entstehen, in denen einerseits nur die roten, anderseits nur die blauen und gelben Strahlen der Natur gewirkt hätten. Diese sollten auf Stein kopiert und die erhaltenen photolithographischen Steine in Gelb, Blau und Rot auf dasselbe Papier abgedruckt werden.

Der Gedanke wurde erst ausführbar, nachdem rot- und gelbempfindliche photographische Platten 1873 durch H. W. Vogel in Berlin erfunden worden waren; nunmehr nahmen Cros, Ducos du Hauron in Frankreich, später Albert in München den Gedanken wieder auf, indem sie sich der nach Vogels Prinzip „farbenempfindlich“ gemachten Platten bedienten. Statt der Lithographie benutzte Albert den sogenannten Lichtdruck (besser Lichtleimdruck), der auf der Verwendung chromierter Gelatine (vgl. *d. Zeitschr. V.*) beruht.

Bei der Wahl der Abdruckfarbe ergaben sich aber neue Schwierigkeiten. Jedes gewöhnliche (schwarze) photographische Bild wird bekanntlich mit Hilfe des Lichts nach einer Negativplatte, auf welcher Schwarz nicht gewirkt hat, auf im Lichte schwarz werdendes Papier kopiert. Analog braucht man für die Herstellung der Kopie in Gelb bei dem Naturfarbenlichtdruckverfahren eine Negativplatte, auf welche Gelb nicht gewirkt, für die Herstellung der Kopie in Rot eine Negativplatte, auf welche Rot nicht gewirkt hat. So gelangte man zu dem Schluss, die für Rot empfindliche Negativplatte müsse in der Komplementärfarbe (Grün), die für Gelb empfindliche Platte in der Komplementärfarbe (Blau) abgedruckt werden u. s. w. In der That erhielt man dadurch eine Annäherung an die Naturfarbe, keineswegs aber die wirkliche Naturfarbe selbst.

Diesen Fehler, der von der willkürlichen Wahl der zum Abdruck dienenden Komplementärfarben herrührte, beseitigte H. W. Vogel durch Aufstellung eines einfachen Gesetzes. Zur Herstellung der oben erwähnten drei oder mehr farbenempfindlichen Platten sind nämlich Färbungen der Platten durch gewisse lichtempfindliche Farbstoffe nötig, welche betreffend rotes, gelbes, grünes oder blaues Licht verschlucken. Genau dieselben Farbstoffe oder aber ihnen spektroskopisch gleichende müssen nach Vogels Gesetz als Druckfarben genommen werden, um wirklich naturähnliche Drucke zu erreichen. (Man kann hiernach im Voraus durch das Spektroskop entscheiden, bis zu welchem Grade eine zur Verwendung kommende Druckfarbe für die farbige Wiedergabe geeignet sein wird. Zu beachten ist auch, dass sich die übereinander gelagerten farbigen Abdrücke nicht nach dem Prinzip der Mischung von Pigmentfarben, sondern von Absorptionsfarben zusammensetzen.)

Der Chromolithograph Ulrich war der Erste, der die Richtigkeit des Prinzips praktisch erwies und 1890 bereits derartig gefertigte Lichtdrucke ausstellte. Seitdem ist die Erfindung besonders von Dr. E. Vogel jun. durch Anwendung neuer Plattenfärbungen, die er selbst präparirte, sowie durch Anwendung neuer korrespondierender farbiger Strahlenfilter an Stelle der in der Färbung wechselnden farbigen Glasscheiben (s. o.) weiter gefördert worden. Eine Gesellschaft für Naturfarbenlichtdruck hat die weitere Kultivierung des Verfahrens in die Hand genommen und tritt jetzt, nachdem sie zur Zufriedenheit der Urheber die ersten Meisterwerke von Menzel, Knaus, Graeb, Aiwasowsky, Breitbach, ferner auch Teppiche des Kunstgewerbemuseums reproduziert hat, mit ihren Leistungen an die Öffentlichkeit.

Die neuen österreichischen Verordnungen für den Unterricht am Untergymnasium.

Eine Ministerial-Verordnung vom 24. Mai 1892 (Z. 11372) hat den Lehrplan und die Instruktion für den Unterricht in Geographie und Geschichte, in Mathematik, in Physik und in Naturgeschichte am Untergymnasium abgeändert. Wir teilen nachstehend die Abschnitte der Verordnung, die den **physikalischen Unterricht** betreffen, vollständig mit.

A. Lehrplan.

Lehrziel. Kenntnis der auffälligsten Naturerscheinungen auf Grund der Beobachtung und des Versuches. Anwendung dieser Kenntnisse zur Erklärung ähnlicher Erscheinungen und ihrer nächstliegenden praktischen Verwertung.

III. Klasse, *1. Semester* (2 Stunden w.). Vorbegriffe: Räumlichkeit und Undurchdringlichkeit der Körper. Charakteristik der drei Aggregatzustände. Lotrechte, wagrechte Richtung; absolutes und specifisches Gewicht. Druck der Luft. — Aus der Wärmelehre: Wärmeempfindungen. Wärmegrad und Wärmemenge. Veränderung des Volumens und des Aggregatzustandes; Wärmeverbrauch und Wärmeabgabe bei Änderung des Aggregatzustandes. Verbreitung der Wärme durch Leitung und durch Strahlung, von letzterer nur die einfachsten Erscheinungen. Quellen der Wärme. — Aus der Chemie: Als Vorbereitung: Cohäsion, Adhäsion; Elastizität, Sprödigkeit, Zähigkeit; Mischung, Lösung, Kristallisation. — Synthese, Analyse und Substitution. Nachweis der Gesetze der Erhaltung der Masse und der bestimmten Gewichts- und Raumverhältnisse an wenigen einfachen Versuchen. Grundstoffe; Molekül, Atom; Basen, Säuren, Salze. Die verbreitetsten Metalloide und einige ihrer Verbindungen. Verbrennung.

[Das 2. Semester ist mit 2 Stunden w. dem „Anschauungsunterricht" in der Mineralogie gewidmet: Beobachtung und Beschreibung einer mässigen Anzahl von wichtigen und sehr verbreiteten Mineralarten ohne besondere Rücksicht auf Systematik. Gewöhnlichste Gesteinsformen.]

IV. Klasse (3 Stunden w.). *1. Semester:* Aus der Lehre vom Magnetismus: Natürliche und künstliche Magnete. Magnetpole und ihre Wechselwirkung. Magnetisierung durch Verteilung. Erdmagnetismus. — Aus der Elektrizitätslehre: Elektrischer Zustand, einfachste Elektroskope. Gute und schlechte Leiter, positiv und negativ elektrische Körper. Elektrisierung durch Verteilung. Die gebräuchlichsten Apparate zur Erzeugung und Ansammlung der Elektrizität. Gewitter, Blitzableiter. Volta'sche Kette, von den constanten Ketten nur diejenigen, welche zu den Versuchen verwendet werden. Die Hauptwirkungen des galvanischen Stromes, Galvanoskop, Elektro- und Magneto-Induction. Die einfachsten und bekanntesten elektrotechnischen Anwendungen (z. B. elektrisches Licht, Galvanoplastik, Morses Telegraph). — Aus der Mechanik: Beschreibung der Hauptformen von Bewegung: geradlinige, krummlinige, gleichförmige und gleichmässig beschleunigte Bewegung. Die beiden Wirkungsarten der mechanischen Kräfte: Beschleunigung und Druck (Zug); Messung der letzteren (statischen) Wirkung durch Gewichte. Äusserung des Beharrungsvermögens bei Änderung der Geschwindigkeit und der Richtung (Fliehkraft). Schwerkraft, Stoss, Bewegungshindernisse. — Zusammensetzung und Zerlegung gleichartiger Bewegungen, von ungleichartigen: Wurfbewegung. Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften mit einem gemeinschaftlichen Angriffspunkte und von gleichstimmig parallelen Kräften. Schwerpunkt, Arten des Gleichgewichtes; Pendel. Einige Beispiele einfacher und zusammengesetzter Maschinen.

2. Semester: Charakteristische Eigenschaften tropfbar flüssiger Körper. Niveau, hydrostatischer Druck. Gleichgewicht einer Flüssigkeit, sowie zweier sich nicht mischender Flüssigkeiten in Communikationsgefässen. Archimedisches Gesetz; die einfachsten Methoden zur Bestimmung des specifischen Gewichtes fester und tropfbarer Körper. Capillarerscheinungen. — Charakteristische Eigenschaften gasförmiger Körper (Mariottes Gesetz). Torricellis Versuch, Barometer; einige weitere Anwendungen der Wirkungen des Luftdruckes; Luftpumpe, Luftballon. Prinzip der Dampfmaschinen. — Aus der Lehre vom Schalle: Schallempfindungen, Geräusch, Klang. Tonhöhe, Tonleiter; die einfachsten Schallerreger. Stimmorgan. Telephon. Fortpflanzung und Reflexion des Schalles; Mittönen. Gehörorgan. — Aus der Lehre vom Lichte: Lichtempfindungen. Geradlinige Fortpflanzung des Lichtes, Schatten, Photometer. Reflexion und Brechung des Lichtes. Spiegel und Linsen (Dunkelkammer, Prinzip der Photographie). Farbenzerstreuung, Regenbogen. Auge, Mikroskop; dioptrische Fernrohre in einfachster Form. —

Mit dem physikalischen Unterrichte, namentlich mit der Mechanik, ist zu verbinden: Beschreibung der Erscheinungen am Fixsternhimmel. Phasen des Mondes; sein monatlicher Umlauf. Jährliche Bewegung der Sonne. Erklärung dieser Erscheinungen, sowie der Verschiedenheit der Tages- und Jahreszeiten an Orten verschiedener Breite und Länge, aus der Drehung der Erde um ihre Axe binnen einem Sterntage und aus dem jährlichen Umlaufe der Erde um die Sonne. Sonnen- und Mondesfinsternis.

B. Instruktion.

Die beträchtlichen Einschränkungen des physikalischen Lehrstoffes gegenüber dem Lehrplane vom Jahre 1884 sollen den Einfluss des physikalischen Vorunterrichtes auf die allgemeine Ausbildung des Schülers und speziell dessen Vorbildung für den Unterricht der Physik auf der Oberstufe in keiner Weise schmälern; die Ausscheidung schwierigerer Partieen wird es ermöglichen, dass der Unterricht bei jenen Materien verweile, welche dem natürlichen Entwickelungsgange des Schülers sich mehr anpassen, und dadurch einen bleibenderen Erfolg erziele.

Von diesem allgemeinen Gesichtspunkte aus kann der Unterricht auf der Unterstufe nicht eine Art Auszug aus dem Lehrstoff der oberen Klassen darstellen und muss auf eine auch nur relative Vollständigkeit verzichten. Abstrakte Theorieen und Begriffe sind ihm unangemessen, sobald sie mehr sein wollen, als ein sich ungezwungen darbietender Ausdruck für die vom Schüler in sinnlicher Lebendigkeit aufgefassten Naturthatsachen selbst. Das entscheidende Kriterium für die Auswahl des Stoffes ist in dem natürlichen Interesse gegeben, welches die Jugend in diesem Alter allen physikalischen Erscheinungen entgegenbringt, sobald sie ihrem Verständnisse wirklich zugänglich sind. Von diesen verdienen wieder jene in erster Linie beachtet zu werden, welche sich spontan in der Natur abspielen, und erst in zweiter Linie jene Anwendungen der Naturgesetze, welche den Gebrauchsgegenständen des gewöhnlichen Lebens zu Grunde liegen oder bei merkwürdigen Erfindungen hervortreten. Der Lehrer wird also planmässig an die Eindrücke anzuknüpfen haben, welche der Schüler im Leben von Naturvorgängen empfangen hat; er wird es dem Knaben zur Gewohnheit zu machen trachten, solchen Vorgängen seine Aufmerksamkeit zuzuwenden, und darauf bedacht sein, ihn in der Anwendung der allmählich erworbenen Kenntnisse zu üben.

Die vorstehenden Grundsätze in Verbindung mit den folgenden Andeutungen sollen die untere Grenze erkennen lassen, bis zu welcher der Unterricht für alle Fälle zu führen ist.

Der physikalische Unterricht in der dritten Klasse hat nunmehr jenem in der Mineralogie vorzuarbeiten. Diese beiden Lehrgegenstände sind behufs Verwertung ihrer gegenseitigen Beziehungen in die Hand desselben Lehrers, und zwar des Lehrers der Naturgeschichte, zu legen.

An Stelle der herkömmlichen allgemeinen (und einiger besonderen) Eigenschaften der Körper, welche Art von Einleitung weder sachlich noch pädagogisch einwurfsfrei ist, genügt die Besprechung derjenigen Vorbegriffe, von denen alsbald Gebrauch gemacht wird; die Erwähnung des Beharrungsvermögens, des Molekülbegriffes, der allgemeinen Massenanziehung u. dgl. kann aus dieser Einleitung wegbleiben.

Bezüglich der Grösse der Ausdehnung verschiedener Stoffe durch Wärme sind nur jene Unterschiede zu besprechen, welche sich in praktischen Anwendungen den Schülern bemerklich machen. Der Begriff der Wärmemenge und der Wärmeeinheit wird auf die Erscheinungen beim Übergange eines Körpers aus einem Aggregatzustande in den andern angewendet; auf die spezifische Wärme und die Methoden zur Bestimmung derselben, sowie auf die Hypothesen über das Wesen der Wärme ist nicht einzugehen.

Angesichts dieser Einschränkungen wird es nicht schwer fallen, dem chemischen Lehrstoffe die volle zweite Hälfte des Semesters zu widmen. Die Wichtigkeit und die Beziehungen desselben zu dem folgenden naturwissenschaftlichen Unterrichte rechtfertigen ein solches Zeitausmaass. Der Lehrer lege einfache, vielseitig lehrreiche Versuche (Verbindung von Schwefel und Eisen, Zerlegung des Wassers u. s. w.) der Ableitung der Grundbegriffe und Gesetze zu Grunde, vermeide schwierigere oder mit Gefahren verbundene Experimente (z. B. Synthese des Wassers zum Nachweise des volumetrischen Verhältnisses) und halte überhaupt Maass in Bezug auf die Menge der Details. Der Begriff des Atomgewichtes wird erst aufzustellen sein, wenn dessen Verständnis bereits durch eine Reihe von Versuchen vorbereitet worden ist. Von da an möge für einige Vorgänge die Benützung chemischer Gleichungen eintreten.

Der Übergang von der Reibungs- zur galvanischen Elektrizität dürfte sich durch den Hinweis auf die Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen den Wirkungen einer Elektrisiermaschine und einer Voltaschen Kette, insbesondere durch den Nachweis der Elektrizitäten an den Polen der letzteren fasslicher vermitteln lassen, als wenn den Versuchen mit der Kette erst Betrachtungen über den Voltaschen Grundversuch, die Spannungsreihe, die Leiter erster und zweiter Ordnung u. s. f. vorausgeschickt werden. Bei den elektrotechnischen Anwendungen sind die grundlegenden Vorstellungen durch fassliche, leicht zu überschauende Versuche zu gewinnen und compliziertere Apparate nicht heranzuziehen. Die Thermo-Elektrizität kann übergangen werden.

In der Mechanik erscheint es erspriesslicher, den Schüler zunächst zu einer rein beschreibenden Betrachtung der Hauptformen von Bewegung anzuhalten, als ihm sogleich eine Definition von Kraft zu geben. Die Mitteilung über die allgemeine Massenanziehung beschränke sich auf dieser Stufe auf den bei der Wurfbewegung anzuregenden Gedanken, wie sich hoch über der Erdoberfläche normal zum verlängerten Erdradius geworfene Körper bewegen würden. Erzählung des Gedankenganges Newtons behufs Erklärung der Bewegung des Mondes). Ein Eingehen auf die Gesetze der Centralbewegung, auf die Keplerschen Gesetze u. dgl. ist hier verfrüht, da die Schüler erst angeleitet werden, die Bewegung des einen oder anderen Planeten am Fixsternhimmel einige Zeit hindurch zu verfolgen. Das Verhältnis von Kraft und Weg werde bei einigen Maschinen, jedoch ohne Eingehen auf den mathematischen Ausdruck für den Begriff Arbeit, erläutert.

Die Lehre vom Schalle möge ohne Erörterung der Wellenlehre in unmittelbarer Anknüpfung an die einzelnen Merkmale einer Schallempfindung beginnen; es genügt, die einfachsten Gesetze für die Abhängigkeit z. B. der Tonhöhe von der Schwingungszahl aus direkt anzustellenden Versuchen zu gewinnen. Die Behandlung der chromatischen und harmonischen Tonleiter, der Schwingungsknoten in einer Pfeife, die Analyse der Klänge mittelst der Resonatoren von Helmholtz hat zu entfallen. Die Schallschwingungen sind an Apparaten, welche die Erscheinung möglichst auffällig zeigen, zu demonstrieren; die Fortpflanzung des Schalles kann an der Mariotteschen Stossmaschine veranschaulicht werden.

In der Lehre vom Lichte ist auf die Wellenlehre nicht einzugehen. Ferner bedürfen die Gesetze der Hohl- und Convexspiegel keiner so eingehenden Behandlung als die der Linsen, da nur die Erscheinungen bei den letzteren im Unterrichte mannigfach zur Verwendung kommen. Die Besprechung der Spektralanalyse hat zu entfallen.

Die einfachsten Gesetze der Wärmestrahlung kommen schon in der Wärmelehre zur Sprache; ein besonderer Abschnitt hierfür ist auf dieser Stufe entbehrlich, zumal sich bei den Sammellinsen und Hohlspiegeln der Hinweis auf die Wärmewirkungen der gebrochenen, beziehungsweise reflektierten Strahlen von selbst ergiebt.

Weitere Erleichterungen werden sich in mehreren Teilen der Physik daraus ergeben, dass von den Gesetzen eines physikalischen Vorganges, die man nebeneinander aufzuzählen gewohnt ist, manche der gewöhnlichen Erfahrung sehr nahe, andere viel ferner liegen. Den Vorunterricht hindert nichts, bei den ersteren zu verweilen, die letzteren hingegen nur vorübergehend oder gar nicht zu berühren. In dieser Beziehung sei z. B. auf die Abhängigkeit der Schwingungszahl eines Pendels von der Länge desselben einerseits und von der Grösse der Beschleunigung der Schwerkraft anderseits hingewiesen.

Mit der Physik erscheint ein Teil des Unterrichtes aus der astronomischen Geographie verbunden. Die Belehrungen aus derselben werden jedoch auch im phyikalischen Unterrichte nur dann als fruchtbar sich erweisen, wenn sie unter steter Anknüpfung an die am Himmel bei Tag und Nacht sich jeweilig abspielenden Vorgänge erteilt werden. Der Lehrer wird die Schüler dafür zu interessieren suchen, dass sie Gelegenheiten, wie die zum Beobachten der Mondessichel, auffallender Planetenpositionen u. dgl. nicht ungenützt vorüber gehen lassen. Obwohl diese Erscheinungen an sich keinen grossen Lehrstoff bieten, lassen sie sich doch ihrer Natur nach nicht in wenigen aufeinander folgenden Stunden im Zusammenhange darstellen. Zunächst knüpfe der Lehrer an die aus dem Geographieunterrichte überkommenen Anschauungen an, wozu sich bei der Wärmelehre (Erwärmung je nach dem Sonnenstande) und beim Compass durch Wiederholung der früher erlernten Methoden für Orientierung die Gelegenheit ergeben wird. Er überzeuge sich, inwieweit die Schüler ein einigermaassen bestimmtes Bild vom Anblicke des Fixsternhimmels und seiner täglichen und jährlichen Bewegung sich etwa bereits erworben haben. In dieser Beziehung wird es keine zu hohe Forderung sein, von ihnen die Kenntnis des grossen Bären, des Polarsternes, des Orion und einiger anderer auffallender Sternbilder aus eigener Anschauung zu verlangen, da ja der Fixsternhimmel die Grundlage für die Orientierung im Weltraume darstellt. Inzwischen können etwa um die Zeit des Beginnes der Mechanik während eines Monates die Phasen und hierauf der Umlauf des Mondes in Bezug auf die Fixsterne beobachtet worden sein, wodurch die schwierigste, aber für das Verständnis der wirklichen Bewegung der

Erde unerlässliche Anschauung, nämlich die von der jährlichen scheinbaren Bewegung der Sonne, ausreichend vorbereitet erscheint.

(Der in der Instruktion vom Jahre 1884 enthaltene Abschnitt: „Besondere Bemerkungen. 1. Der Unterricht im Untergymnasium", tritt hiermit ausser Kraft.)

Aus den Bestimmungen über den **geographischen Unterricht** sind hier besonders die Abschnitte über astronomische Geographie hervorzuheben. Der Lehrplan bezeichnet als Lehrziel: die grundlegenden Anschauungen und Kenntnisse von der Gestalt und Grösse der Erde und von den scheinbaren Bewegungen der Sonne zur Erklärung des Wechsels der Beleuchtung und Erwärmung. Der Lehrstoff der I. Klasse (3 Std. w.) umfasst: Die Tagesbahnen der Sonne in Bezug auf das Schul- und Wohnhaus in verschiedenen Jahreszeiten; hiernach Orientierung in der wirklichen Umgebung, auf der Karte und am Globus. Beschreibung und Erklärung der Beleuchtungs- und Erwärmungsverhältnisse innerhalb der Heimat im Verlauf eines Jahres, soweit sie unmittelbar von der Tageslänge und der Sonnenhöhe abhängen. — In der II. und III. Klasse ist bei der Behandlung der einzelnen Erdteile auf die klimatischen Zustände Rücksicht zu nehmen, soweit letztere aus den Stellungen der Sonnenbahn zu den verschiedenen Horizonten erklärt werden können.

Die Instruktion giebt dazu noch folgende Ausführungen:

Der Unterricht in der astronomischen Geographie in der I., II. und III. Klasse wurde auf jenes Maass von Kenntnissen der sogenannten scheinbaren Bewegungen der Sonne eingeschränkt, welches einerseits zur Orientierung, anderseits zur Darstellung der Verschiedenheiten der Tages- und Jahreszeiten und der daraus hervorgehenden klimatischen Grundthatsachen als fester Bestandteile der Landschaftsbilder notwendig und ausreichend ist. Dagegen ist die Kenntnis der wirklichen Bewegungen der Erde nicht unerlässlich notwendig zum Verständnisse der Erscheinungen der Beleuchtung, Erwärmung und der davon abhängigen: des Klimas, der geographischen Verbreitung von Pflanzen und Tieren u. dgl. m., welche ihrerseits zur Vervollständigung eines Bildes der Erdoberfläche im weitesten Sinne beitragen. Didaktische und sachliche Rücksichten, sowie die seit dem Jahre 1884 gemachten Erfahrungen, nach welchen dieser Lehrstoff 10—13jährigen Knaben nur mit besonderer Mühe zur klaren Auffassung gebracht werden kann, machen seine Verschiebung auf einen späteren Zeitpunkt und seine Einreihung in die Physik erwünscht.

Die zunächst zu vermittelnde astronomisch-geographische Anschauung wird darin bestehen, dass der Schüler durch wiederholte eigene Beobachtungen ein Bild gewinne von den Bewegungen der Sonne über dem Horizonte der Heimat. Allerdings ist auch die Orientierung nach dem Polarsterne für den zehnjährigen Knaben keine zu grosse Forderung. Am auffälligsten bleibt jedoch die constante Richtung des durch den Sonnenstand bedingten Mittagschattens, woraus die Vorstellung der Mittagslinie auf Grund einiger Beobachtungen erworben wird. Die Grundlage für die Orientierung vom Schulorte ist dadurch gegeben. Durch den Hinweis auf Beobachtungen in anderen Horizonten, durch welche auch die letzteren als kreisförmig erkannt werden, lässt sich die Vorstellung von der Kugelgestalt und auf Grund der Länge des Meridiangrades (Änderung der Mittagshöhe der Sonne um je 1° bei 15 Meilen Entfernung in der Richtung *NS*) jene von der Grösse der Erde ableiten. Derlei Anschauungen von der Wirklichkeit bahnen den Übergang zur Karte, beziehungsweise zum Globus und zur Erdbeschreibung an. Der Unterricht in der letzteren beginnt mit den Elementen, welche das Landschaftsbild der Umgebung zusammensetzen.

Ist im Verlaufe des ganzen ersten Schuljahres auf die sehr verschiedene Lage der Tagesbahnen der Sonne zum Horizonte der Heimat hingewiesen worden, so ergiebt sich zunächst für diese unmittelbar die Erklärung der verschiedenen Tages- und Jahreszeiten. Von Orten anderer Breite gesehen, haben die Tagesbahnen der Sonne die nämliche gegenseitige, aber eine andere Lage zum jeweiligen Horizonte. Hierin liegt die für diese Stufe ausreichende Erklärung der Abhängigkeit der Klimate von der geographischen Breite, mit welcher der Unterricht der II. und III. Klasse sich zu beschäftigen hat. —

In einem zweiten Erlass (Z. 11373), werden die neuen Bestimmungen noch eingehend erläutert, und im besonderen nachgewiesen, dass diese Bestimmungen durchaus dem Grundgedanken des Organisationsentwurfes von 1849 entsprechen. Der Raum gestattet nicht, die gehaltvollen Darlegungen hier wiederzugeben, aus denen ersichtlich ist, in wie hohem Grade sich die österreichische Unterrichtsverwaltung ihrer doppelten Aufgabe als Wahrerin des historischen Zusammenhanges und als Hüterin des Fortschrittes der geistigen Kultur bewusst gewesen ist. Dass viele von den in dieser Zeitschrift ausgesprochenen Forderungen in den neuen Bestimmungen verwirklicht sind, wird alle, die diese Bestrebungen teilen, mit lebhafter Freude erfüllen. (*P.*)

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Theorie der partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung. Von Dr. M. Paul Mansion, Prof. an der Universität Gent, Mitglied der kgl. belg. Akademie. Vom Verfasser durchgesehene und vermehrte deutsche Ausgabe. Mit Anhängen von S. von Kowalevsky, Imschenetsky und Darboux. Herausgegeben von H. Maser. Berlin. J. Springer. 1892. XXII u. 489 S. 8°. 12 M.

In allen physikalischen Theorieen bilden partielle Differentialgleichungen die eigentlichen Grundlagen der Rechnung. Zwar führen die meisten physikalischen Fragen auf partielle Differentialgleichungen zweiter Ordnung, aber bei dem engen Zusammenhang zwischen allen Teilen der Lehre von den Differentialgleichungen ist auch die Kenntnis der Theorie der partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung für den, der sich mit der theoretischen Physik beschäftigt, unbedingt erforderlich. Da gerade zur Zeit die theoretische Physik lohnende Probleme in Fülle darbietet und die Mitarbeit an ihrer Lösung glücklicher Weise keinen kostspieligen Apparat voraussetzt, so dürfte eine Anzeige des vorliegenden, anerkannt trefflichen Buches auch an dieser Stelle gerechtfertigt sein. Das im Buchhandel längst vergriffene Werk von Mansion „*Théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre*“ erscheint hiermit in neuer und zwar deutscher Ausgabe. Das von der kgl. belgischen Akademie der Wissenschaften preisgekrönte Werk bietet in historisch-kritischer Beleuchtung den Hauptinhalt der Untersuchungen von Lagrange, Pfaff, Jacobi, Bour, Clebsch, Korkine, Boole, Mayer, Cauchy, Serret und der ersten Arbeiten von Lie über die partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung. Infolge der geschickten didaktischen Anordnung des Stoffes wird der Leser vom Anfange bis zum Ende des Buches immer tiefer in den Gegenstand hineingeführt. Die neue Ausgabe des Werkes zeigt wesentliche Verbesserungen und Ergänzungen. Recht willkommen sind auch die drei Anhänge, die in das Gebiet der partiellen Differentialgleichungen zweiter Ordnung hinübergreifen. Sie enthalten Wiederabdrücke von drei höchst wichtigen Abhandlungen von Sophie von Kowalevsky, Imschenetsky und Darboux. Ein sehr sorfältiges und ausführliches Autorenverzeichnis und zahlreiche bibliographische Bemerkungen und Hinweise erhöhen die Brauchbarkeit des Buches ungemein. Es ist der zuverlässigste Wegweiser bei dem Studium der grundlegenden Arbeiten über die Thorie der partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung und die beste Vorschule für das Studium der weiterführenden Werke von Goursat, Lie und Forsyth. *H. Hahn-Machenheimer, Berlin.*

Elemente des Magnetismus und der Elektrizität, insbesondere für angehende Elektrotechniker. Von Andr. Jamieson. Übersetzt und mit Zusätzen versehen von Dr. J. Kollert. Mit 330 Textfiguren und 1 Tafel. Leipzig, Quandt und Händel, 1891. XVI und 480 S.

Das Buch ist an erster Stelle für den Unterricht an technischen Schulen bestimmt. Demgemäss ist den praktischen Anwendungen der experimentellen Thatsachen besondere Aufmerksamkeit gewidmet und auch in mehreren Anhängen Anleitung zum Herstellen der wichtigsten Apparate und zum Ausführen von Versuchen gegeben. Der Verfasser hat es in längerer Lehrthätigkeit bewährt gefunden mit dem Magnetismus zu beginnen, danach den Elektromagnetismus nebst den Erscheinungen des elektrischen Stromes zu behandeln und die Elektrostatik an den Schluss zu setzen. Hiernach ist das Buch in drei Hauptabschnitte eingeteilt. Es lässt sich auch nicht verkennen, dass eine solche Anordnung von Vorteil ist, namentlich wenn, wie es hier der Fall und durch den Zweck des Buches gerechtfertigt ist, die Kraftlinien zur Grundlage der gesamten Darstellung gemacht werden. Bei einer genaueren Prüfung zeigt sich freilich, dass auch hier die logische Durcharbeitung des Gebietes auf der bezeichneten Grundlage noch nicht den methodischen Forderungen entspricht, die erfüllt sein müssten, wenn an die Einführung dieser Behandlungsweise in den Unterricht der höheren Schulen gedacht werden sollte. Die bildlichen Ausdrücke, mit denen die Haupteigenschaften der Kraftlinien beschrieben werden, wie sie sich im Magneten zusammendrängen, wie sie den Weg durch vorhandene Eisenteilchen dem durch die Luft vorziehen, wie sie durch ihre grössere Dichte die grössere Feldstärke anzeigen, sind nicht genügend begrifflich geklärt, obgleich sicher von grossem Wert, wenn es sich darum handelt, den angehenden Praktiker in Fühlung mit den Thatsachen zu setzen. Der Herausgeber hat diesen Mangel wohl gefühlt und eine Reihe von Ergänzungsvorlesungen eingeschaltet, in deren erster er für den Begriff der Dichte des Kraftfeldes durch Einführung der Einheitslinien überhaupt erst eine deutliche Bestimmung möglich macht. Die weiteren Ergänzungsvorlesungen behandeln namentlich die Grundlagen des absoluten magnetischen und elektrischen Maasssystems, die genauere Theorie der Messungen und der Messinstrumente, schliesslich auch die Theorie des Voltaschen Fundamentalversuchs und der Energieverteilung im Stromkreise. Sie tragen dazu bei, das Buch zu einem wirklich wissenschaftlichen Hülfsmittel für den angehenden Elektrotechniker zu machen und erhöhen seinen Wert auch für denjenigen, der sich aus anderem als rein technischem Interesse mit dem behandelten Gebiet näher vertraut machen will. Von Einzelheiten sei erwähnt, dass Spannung und Potential als gleichbedeutend gebraucht und die Zugspannung davon auch durch die Bezeichnung deutlich unterschieden wird. Lehrreich ist die Erläuterung des Verhältnisses von Potential und Kapazität durch die Beziehung von Spannung und Volumen bei einem eingeschlossenen Gase (S. 386). *P.*

Die Akkumulatoren für Elektrizität. Von Edmund Hoppe. Zweite, vermehrte Auflage. Berlin. Verlag von Julius Springer. 1892. 308 Seiten. M. 7.—.

Bei der immer mehr zunehmenden Bedeutung, welche die Akkumulatoren für Elektrizität in den letzten Jahren gewonnen haben, wird die zweite Auflage dieses Werkes nicht allein denjenigen, die sich über das Wesen der Akkumulatoren im allgemeinen unterrichten wollen, sondern auch denen, die ein bestimmteres Interesse an den einzelnen Typen haben, sehr willkommen sein. Die Abschnitte II und IV, die von der Construktion und Wirkungsweise der einzelnen Akkumulatorentypen, bezw. von der Verwendung der Akkumulatoren in der Praxis handeln, sind entsprechend erweitert, so dass sie einen vollständigen Überblick der betreffenden Neuerungen gewähren. Auch die theoretischen Abschnitte I und III sind, besonders der letztere, mehrfach vervollständigt, namentlich sind die neueren Ansichten über die chemischen Vorgänge in den Akkumulatoren sowie die Untersuchungen in betreff des Nutzeffekts geordnet zusammengestellt.

Jedoch lässt sich entgegen der in der Vorrede vom Verfasser geäusserten Ansicht der Einwand machen, dass die im Abschnitt I gegebene Darstellung der älteren Theorieen über Elektrolyse und Strombildung sowie über die sekundären Vorgänge im Element und der Zersetzungszelle zu breit gehalten ist und mehr einem Werke über die Geschichte der Elektrizität angehört. Das Studium früherer Theorieen, die sich später als irrig erwiesen haben, erfordert eine Anstrengung, welcher der Erfolg nicht entspricht. Dagegen sind die modernen Theorieen der Strombildung teils zu kurz, teils gar nicht behandelt; man vermisst die Helmholtzsche Theorie und deren Ergänzung durch die Theorie der elektrolytischen Dissociation von Arrhenius. — Bei den Untersuchungen über den Chemismus der Akkumulatoren wird ferner das Thomsonsche Gesetz von der Beziehung der elektromotorischen Kraft und der Wärmetönung der chemischen Prozesse noch immer als allgemein richtig angenommen, obwohl neuere Forschungen dargethan haben, dass dasselbe nur in sehr beschränktem Grade gilt. *R. Lüpke.*

Physikalische Aufgaben für den mathematischen Unterricht in den oberen Klassen höherer Lehranstalten und für den Selbstunterricht von Dr. W. Müller-Erzbach. VIII und 147 S. Berlin, Julius Springer, 1892. M. 2.—.

Der Verfasser hat hier 655 Aufgaben (77 Seiten) mit ihren Auflösungen (Seite 77—134), sowie 19 Tabellen (Seite 134—147) zusammengestellt. Die Aufgaben sind nach der physikalischen Verwandtschaft geordnet, da bei einer Anordnung mit Rücksicht auf die Verwendung im mathematischen Unterricht der Schüler „gezwungen sein würde, sich unvermittelt mit den verschiedensten Abschnitten der Physik zu beschäftigen“. Dieser Einwand (Vorwort S. IV) ist zur Zeit ein richtiger. Wir sind aber der Ansicht, dass sich eine Reihe physikalischer Gesetze, welche sich besonders zur Aufstellung mathematischer Aufgaben eignen, im mathematischen Unterrichte der Tertia und Untersekunda vorweg nehmen lassen werden. Hierher gehören besonders die „einfache Bewegung, das Parallelogramm der Kräfte, der Hebel, die schiefe Ebene, das einfache Pendel, der unelastische Stoss, der Flüssigkeitsdruck, das spezifische Gewicht und die Linsenformel, eventuell auch die Zurückwerfung und Spiegelung des Lichtes und das Gesetz von der Abnahme der Beleuchtung mit der Entfernung“. Will die Physik wirklich der Mathematik dienstbar sein und umgekehrt, soll die Physik durch Verlegung der Aufgabenlösung in die Mathematikstunden entlastet werden zu Gunsten der Experimentalphysik, so muss im ersten Kursus (Sekunda) auf einen streng systematischen Zusammenhang des Durchgenommenen verzichtet und nach pädagogischen und Zweckmässigkeitsrücksichten der Stoff behandelt werden. Jedenfalls erheischt die Rücksicht auf den mathematischen Unterricht, dessen Zeit ja in Anspruch genommen werden soll, dass die zur Verwendung gelangenden physikalischen Unterrichtsstoffe dem jedesmaligen mathematischen Stoffe möglichst angepasst sind. Die vorliegende Sammlung enthält Aufgaben für die Unterstufe (Untersekunda), für die Mittelstufe (Obersekunda) und für die Oberstufe (Prima). Vergleicht man die Aufgaben mit denen der übrigen Sammlungen, so tritt das Bestreben hervor, Häufungen von Schwierigkeiten durch Hereinziehen von Gesetzen verschiedener Gebiete zu vermeiden. Neu sind die Aufgaben über „Maasssystem“ (cm.-gr.-Sek.), über Dyn, Erg, Farad, Coulomb, Voltcoulomb, Volt, Ampère, Voltampère. Bei der Elektrostatik ist hier wohl ein wenig über die Ziele der Schule hinausgegangen, wogegen die Aufgaben über die „Dynamische Elektrizität“ mit Freuden werden begrüsst werden. Der Ausdruck ist überall kurz und prägnant. Eine Reihe von Aufgaben aus der mathematischen Geographie (Kap. XVI), denen sich im Anhange eine Tabelle der Abweichung der Sonne (1891) anschliesst, regt zur Bildung weiterer Aufgaben aus diesem Gebiete an. Ob die consequente Übertragung der Dimensionsbezeichnung auf die Begriffe der kubischen Maasse (also cm^3 statt cbcm) und Flächenmaasse (m^2 statt qm) angesichts der hierfür bestehenden Vorschriften gerechtfertigt ist, bleibe dahingestellt. Einen Wunsch möchten wir aber nicht unterdrücken: dass nämlich die Aufgaben, so weit thunlich, eine allgemeine Form erhalten, dass also vor jeden numerischen Wert ein Buchstabenwert gesetzt werde. Hierdurch erhält jede Aufgabe eine typische Form und dadurch einen grösseren Wert. Vom pädagogischen Standpunkte aus ist durchaus zu wünschen, dass der Schüler den Ansatz jeder Aufgabe mit Buchstabenwerten, also in algebraischer Form, macht. Auch die Zwecke der Mathematikstunden, welche ja in Anspruch genommen werden sollen, würden eine solche Behandlung wünschenswert machen. Im übrigen sind wir überzeugt, dass sich die reichhaltige Sammlung viele Freunde erwerben wird. *W. Grosse*, *Vegesack.*

Technik der Experimentalchemie. Anleitung zur Ausführung chemischer Experimente für Lehrer und Studierende sowie zum Selbstunterricht von Dr. R. Arendt. Zweite umgearbeitete Auflage. (10 Lieferungen.) Ein Band mit nahezu 800 Abb. und einer Figurentafel. 756 S. Hamburg und Leipzig, Verlag von Leopold Voss, 1892. M. 20.—.

Im Jahre 1881 hatte der Verfasser seine Gedanken über chemischen Unterricht (vgl. jetzt den methodischen Lehrgang der Chemie desselben Verfassers, Halle, 1887) in der Einleitung zu seiner Technik der Experimentalchemie, die damals im Anschluss an frühere Werke in zwei Bänden erschien, niedergelegt. Vieles von dem damals Gewünschten ist noch unerreicht, aber das Eine wird jetzt allgemein anerkannt, dass die Chemie in allen höheren Lehranstalten in wissenschaftlicher Weise unterrichtet werden muss, und dass der Weg, auf dem die Kenntnisse und Schlussfolgerungen zu übermitteln sind, zum Ausgang das Experiment haben muss.

Das vorliegende Werk des um den chemischen Unterricht so verdienten Verfassers hat viel zur Förderung des chemischen Unterrichts beigetragen und wird auch in Zukunft vielen eine notwendige resp. angenehme Beihülfe sein, um denselben richtig zu gestalten. Freilich muss immer wieder verlangt werden, dass der Lehrer, auch wenn er Chemie nur als Nebenfakultät erwirbt, im Experimentieren schon etwas Übung gehabt hat, denn wer nicht mit den gewöhnlichsten Manipulationen Bescheid weiss, wird trotz der besten Anleitung, wie sie das Arendtsche Werk giebt, nicht das Erforderliche erreichen, vielmehr, wie es häufig vorkommt, bald bei dem Vorbereiten und Vorüben der Experimente ermüden und sich mit dem Notwendigsten abfinden.

Die zweite Auflage der „Technik“ ist völlig umgearbeitet. Das Buch zerfällt in den allgemeinen Teil und den besonderen Teil. Im allgemeinen Teil (S. 1 bis 260) werden wie früher im ersten Teile Apparate, Manipulationen und Materialien ausführlich behandelt; auch im besonderen Teile ist der frühere Weg, bei dem den Ausgangspunkt die Metalle bilden, beibehalten. Dass für den Schulunterricht der erste Teil zuviel und zum teil unnötiges bietet und behandelt, ist notwendig, da das Buch alle Kreise berücksichtigen will, doch lässt sich leicht das für die Schule brauchbare herausfinden; auch hat sich der Verfasser bemüht möglichst viele Schulexperimente, wie die Fortschritte in der didaktischen Experimentalchemie überhaupt, zu berücksichtigen. Dass dabei nicht Vollständigkeit vorhanden sein kann, ist wohl erklärlich, (so sind für den Unterricht zweckmässigere Darstellungen von Phosphorwasserstoff, instruktive Versuche über umgekehrte Verbrennung u. s. w. nicht mit erwähnt); vielleicht würde eine Zusammenstellung der Quellen, die der Verfasser zur stetigen Controlle durchgesehen hat, zeigen, wie weit es etwa wünschenswert ist, noch anderes Material heranzuziehen. Die Ausstattung mit Abbildungen ist eine so reichhaltige, dass dadurch auch für den Ungeübteren die Einübung manches Verfahrens erleichtert wird. Da das Werk seinem Inhalt nach als bekannt angesehen werden darf, kann von der Inhaltsangabe abgesehen werden. Auch die zweite Auflage ist allen, die sich mit dem chemischen Unterricht beschäftigen, aufs beste zu empfehlen. *Schw.*

Technisch-Chemisches Jahrbuch 1890—1891. Herausgegeben von Dr. Rudolf Biedermann. XIII. Jahrgang. Berlin, Carl Heymann, 1892. 645 Seiten. M. 12.—

Das Buch berichtet über die Fortschritte, die auf den verschiedenen Gebieten der chemischen Technologie, zu denen auch die Chemie des Wassers und der Nahrungsmittel sowie die Photographie gerechnet werden, von April 1890 bis April 1891 gemacht sind. In möglichster Vollständigkeit, wie sie auf 645 Seiten erreicht werden kann, werden von namhaften Fachgelehrten die einzelnen Gebiete behandelt. Es werden die wesentlichsten Verbesserungen und Neuerungen der Gewinnungsmethoden der technisch-chemischen Produkte an zahlreichen instruktiven Abbildungen erläutert, aber auch die Ergebnisse der neuesten Forschungen über die Theorie der noch nicht aufgeklärten chemischen Prozesse sowie die vorteilhafteren analytischen Methoden der Wertbestimmung sind übersichtlich zusammengestellt. Die Anwendungen der Elektrizität in der chemischen Technologie sind gehörig berücksichtigt. Selbst die Erfolge, welche die Produkte der chemischen Industrie in der Praxis gefunden haben, werden erörtert.

Es ist daher dieser Jahrgang wie die früheren ganz vorzüglich geeignet, einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der chemischen Technologie zu geben, wozu noch die ausführlichen statistischen Berichte über die Produktion der verschiedenen Länder wesentlich beitragen. Falls man sich aber genauer über das Einzelne informieren will, findet man in dem Buch die nötigen Angaben der Litteratur. *R. Lüpke.*

Chemische Versuche einfachster Art, ein erster Kursus in der Chemie, für höhere Schulen und zum Selbstunterricht, ausführbar ohne besondere Vorkenntnisse und mit möglichst wenigen Hülfsmitteln. Von M. Schlichting. Neunte Auflage mit einem organischen Teil, nach den neueren chemischen Ansichten bearbeitet von A. Wilke. Kiel, Ernst Homann, 1891. 315 Seiten. M. 2,60.

Der Verfasser hat auf nur 315 Seiten das Wichtigste aus den verschiedenen Zweigen der anorganischen und organischen Chemie in wohlgelungener Weise für den Unterricht sowohl an Elementarschulen als an höheren Schulen zusammengestellt. An übersichtlichen, mit möglichst einfachen Mitteln anzustellenden und ausführlich beschriebenen Versuchen und einer grossen Anzahl stöchiometrischer Aufgaben erläutert er gemäss den Prinzipien der modernen Didaktik die Grundbegriffe der Chemie und die wesentlichsten Eigenschaften der bekannteren Elemente und ihrer Verbindungen. Auch die hauptsächlichsten Kapitel der chemischen Technologie, Metallurgie, Agrikulturchemie und Hygiene, sowie die Mineralogie, die chemische Analyse und die Geschichte der Chemie werden an geeigneter Stelle und mit der erforderlichen Kürze behandelt. Das Buch ist daher einem weniger geübten Lehrer wegen der gut durchdachten Anordnung des Stoffes wohl zu empfehlen, kann aber auch bei dem verhältnismässig geringen Preis vom Schüler als Leitfaden zur Repetition und als Anleitung zur Ausführung von Versuchen mit Erfolg gebraucht werden.

Indessen finden sich in dem Buche sehr viele Druckfehler, z. B. S. 40 Zeile 10 von oben „Gas“ statt Glas, S. 81 Zeile 12 von oben „S_2O“ statt SO_2, S. 83 Zeile 3 von oben „NO_2“ statt N_2O, S. 240 Zeile 17 von unten „$HCOK$“ statt $HCOOK$, S. 254 Zeile 11 von unten „$C_3H_4(OH)(CO_2)H_3$“ statt $C_3H_4(OH)(CO_2H)_3$. Ferner vermisst man sehr oft Kommata, wodurch das Lesen des Textes erschwert wird. Viele Ausdrücke sind ungenau, wie S. 8 Zeile 4 von oben: „man stelle die Lösung staubfrei hin“, S. 17 Zeile 9 von oben: „nach kurzer Zeit wird die Oberfläche in Kupfer verwandelt sein“, S. 31 Zeile 17 von unten: „ein Wachslicht, das kürzlich nicht abgeputzt ist“, S. 64 Zeile 7 von oben: „zum Einatmen taugt sie nichts“, S. 98 Zeile 9 von oben: „hat sich ein wenig Luft (statt Sauerstoff) darüber gesammelt“, S. 101 Zeile 4 von oben: „das zur Flüssigkeit verdichtete Gas“. Aber auch sachliche Ungenauigkeiten kommen vielfach vor. So werden häufig die Oxyde der Nichtmetalle als Säuren bezeichnet, dem Hammerschlag wird (S. 160) die Formel FeO (statt Fe_3O_4) gegeben, die schwärzliche Trübung der mit Kupfer gekochten Schwefelsäure wird (S. 190) etwa vorhandenem Kohlenstoff (statt dem sich bildenden Kupfersulfid) zugeschrieben, in den Merkuroverbindungen wird (S. 194) das Quecksilberatom einwertig und in den Ferricyanverbindungen (S. 173) das Eisenatom dreiwertig angenommen, eine direkte Verbindung von Wasserstoff und Schwefel wird (S. 87) bestritten, an der Elektrolyse des mit Schwefelsäure angesäuerten Wassers soll sich (102) die Säure nicht beteiligen. Zuweilen werden Prozesse der chemischen Technologie, wie der Leblancsche und der Bleikammerprozess, die noch nicht genügend aufgeklärt sind, als sicher hingestellt und durch bestimmte Formelgleichungen erläutert. Diese Mängel würden in einer neuen Auflage zu beseitigen sein.

R. Lüpke.

Versammlungen und Vereine.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 26. Februar 1892. Herr F. Neesen sprach über Messung von Verdampfungswärmen. — Herr M. Thiesen trug über vollkommene Diopter und über die Construktion von Dioptern mit gegebenen Eigenschaften vor. Als vollkommenes Diopter wird eine Reihe von durchsichtigen Medien bezeichnet, durch welche eine scharfe dioptrische Abbildung einer Fläche, welche in einem isotropen homogenen Medium liegt, auf einer anderen, conjugiert genannten Fläche bewirkt wird, wenn diese einer gleichen Bedingung genügt. Der Vortragende entwickelte die Gleichungen, aus denen sich die allgemeinsten Eigenschaften eines solchen Diopters für den speziellen Fall conjugierter Ebenen ableiten lassen, sprach sich dahin aus, dass er die Construktion vollkommener Diopter für möglich halte und diskutierte die verschiedenen Fälle, in denen die Aufgabe lösbar sei.

Sitzung am 8. April 1892. Herr O. Lummer sprach über ein neues Spektralphotometer, nach gemeinsam mit Herrn E. Brodhun ausgeführten Versuchen. Er setzte auseinander, wie bei dem neuen, in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1892 beschriebenen Apparat das Verschwinden der Grenze zwischen zwei im spektralen Lichte gesehenen Feldern bewirkt wird. Derselbe machte einige Mitteilungen zur Abbildung nicht selbstleuchtender Objekte, im besonderen eines zwischen die Objektive eines Spektrometers gebrachten Spaltes. Wenn das Auge gleichfalls vor einen Spalt (Okularspalt) gebracht wird, so erscheint, bei zu geringer Dimension beider, der Objektivspalt zu einem Beugungspalt ausgezogen. Die Erscheinung lässt sich auf Grund der Abbeschen Theorie der Abbildung nicht selbstleuchtender Objekte behandeln und berechnen.

Sitzung am 6. Mai 1892. Herr Th. Gross sprach über den Satz von der Entropie und suchte darzuthun, dass die Schlüsse, auf die Clausius dass Gesetz vom Verwandlungswert der Wärme gestützt hat, unzulässig seien. Auch die Darstellungen von Zeuner und von C. Neumann könnten nicht als Beweise dieses Satzes gelten. Der Voraussetzung des Vortragenden, dass man im vorliegenden Falle nicht mit unvollständigen Differentialen rechnen dürfe, widersprach Herr Budde, insofern auch das nicht integrable Wärmedifferential einen bestimmten Sinn habe, weshalb man mit solchen genau so wie mit integrablen rechnen könne.

Sitzung am 20. Mai 1892. Herr F. Neesen trug vor über die Mitnahme von Losscheiben durch rasch umlaufende Axen. Er hat gefunden, dass eine lose auf einer umlaufenden Axe sitzende Scheibe an deren Drehung nicht teilnimmt, wenn man daran ein verhältnismässig kleines Übergewicht excentrisch anbringt. Um die Grösse dieses Übergewichtes unter verschiedenen Verhältnissen zu bestimmen, wurden auf die Axe eines kleinen elektromagnetischen Motors mit Grammering verschiedene Messingscheiben aufgeschoben, deren Massen oder Trägheitsmomente von einander abwichen. Durch ein Loch in der Scheibe wurde ein Stahlstab gesteckt und auf diesen so lange cylindrische Laufgewichte aufgereiht, bis die lose sitzende Scheibe (Losscheibe) von der umlaufenden Axe nicht mehr mitgenommen werden konnte. Gleichzeitig wurde die Umlaufszeit der Axe des Motors an einer rotierenden Trommel gemessen. Als praktisches Resultat ergab sich, dass die Mitnahme von Losscheiben durch ein verhältnismässig geringes Moment verhindert werden kann. — Herr W. Wien sprach über die Bewegung der Kraftlinien im elektromagnetischen Felde.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 21. März 1891. Herr G. Krech besprach Untersuchungen über die Stromstärke des Entladungsstroms einer Influenzmaschine und machte namentlich auf eine Abhandlung von Kohlrausch (*Pogg. Ann. 135; 1868*) aufmerksam. Derselbe demonstrierte ein Braunsches Elektrometer (*d. Zeitschr. V, 61*). — Herr M. Koppe machte eine Mitteilung über Wasserzersetzung durch eine Voltasche Säule von 90 Elementen bei Einschaltung des menschlichen Körpers. Derselbe sprach über die Demonstration des Potentialgefälles im inneren und äusseren Teil des Schliessungskreises eines constanten Elementes unter Benutzung eines Quadranten-Elektrometers.

Sitzung am 2. Mai 1892. Herr Prof. A. Kundt hielt einen Vortrag mit Demonstrationen über Doppelbrechung der Flüssigkeiten. Er setzte auseinander, wie man gewisse Flüssigkeiten durch mechanische Einwirkungen in einen Zustand ungleicher Spannung versetzen kann, und wie die so im Canadabalsam hervorgerufene Doppelbrechung von Maxwell nachgewiesen worden ist. Er beschrieb dann den Apparat, mit dem er die zu untersuchenden Flüssigkeiten (Colloide oder Öle) zwischen zwei conaxialen rotierenden Cylindern in Rotation versetzt und deformiert, führte einen zweiten Apparat vor, bei dem dieselbe Wirkung durch eine rasch oscillierende Platte hervorgebracht wird und zeigte mit diesem die Doppelbrechung. Nachdem er auf Grund der hydrodynamischen Untersuchungen von Stokes eine Theorie der Erscheinungen gegeben, wendete er sich zu einer kritischen Betrachtung der von Kerr entdeckten Doppelbrechung, die in dielektrischen Flüssigkeiten durch elektrische Kräfte hervorgerufen wird, und legte eine Möglichkeit dar, auch hier mechanische Vorgänge als Ursachen der Doppelbrechung zu betrachten. Objektiv demonstriert wurde die elektrooptische Doppelbrechung im Schwefelkohlenstoff, die eintritt, wenn ein Schwefelkohlenstoffcondensator mit einer Influenzmaschine stark geladen wird. Zum Schluss wurden noch die Erscheinungen gezeigt, die auftreten, wenn polarisiertes Licht durch einen tönenden Glasstab hindurchgeht.

Sitzung am 16. Mai 1892. Herr Heyden demonstrierte die Einrichtungen, durch die das physikalische Lehrzimmer der Luisenstädtischen Oberrealschule an die Berliner Elektrizitätswerke angeschlossen ist; er zeigte, wie man durch die physiologischen Wirkungen das Ohmsche Gesetz demonstrieren könne, brachte eine Salzlösung durch den Strom zum Kochen, führte Glühversuche aus und setzte die Construktion eines sinnreich construierten Rheostaten auseinander, der durch Nebenschlussvorrichtungen ermöglicht, mit verschiedenen Spannungen zu arbeiten. Er stellte eine Reihe von Kraftfeldern mit Eisenpulver her.

Sitzung am 1. Juni 1892. Herr Krech widmete dem am 29. Mai verstorbenen Professor Karl Schellbach Worte der Erinnerung. Herr P. Szymański führte optische Versuche vor, um die Fehler der Linsen objektiv zu demonstrieren, und machte dabei auf den Unterschied zwischen einem leuchtenden Punkt und dem Schnittpunkt von Lichtstrahlen aufmerksam. Die sphärische Aberration zeigte er mit Hülfe einer Blende, die chromatische mittelst rot und blau gefärbter Gelatineplatten. Im Zusammenhange damit demonstrierte er den Gang der Lichtstrahlen, die hinter einer planconvexen Linse das Phänomen des Schellbachschen Ringes hervorrufen und führte den letzteren in schöner objektiver Sichtbarkeit vor. Er zeigte ferner, wie man mit einem Doppeldiaphragma und zweier gegen einander beweglicher Spiegel die Mischung sowohl der Farben als auch der Lichtarten nachweisen kann. Mittelst einer Glasröhre erzeugte er die Regenbogenspektren nach Antolik (*d. Ztschr. IV, 274*), führte eine Messung des mechanischen Wärmeäquivalents mit dem Puluj-Weinholdschen Apparat aus, legte ein Aluminiumrädchen für die Fallmaschine vor und zeigte, wie sich ein dem Töplerschen ähnlicher Apparat (*d. Zeitschr. I, 137*) durch Verwendung von Velociped-Kugeln sehr billig herstellen lässt. Endlich demonstrierte er durch einen einfachen Versuch die mechanischen Bedingungen, die es ermöglichen, auf einer auf den Kopf eines Menschen gelegten Platte, ohne diesen zu beschädigen, Steine zu zerschlagen.

Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik.

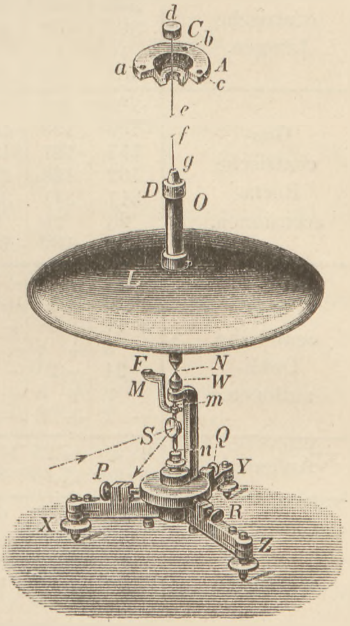
Die 1. Jahresversammlung der Vereinigung hat am 14. Mai zu Berlin stattgefunden. Nach dem Berichte des Vorsitzenden, Herrn Prof. Lehmann-Filhés, waren der Vereinigung bis zu diesem Tage 221 Mitglieder beigetreten, darunter auch solche in ausserdeutschen Ländern. Herr Prof. W. Foerster berichtete über die Entwicklung der „Mitteilungen" der Vereinigung, von denen acht Hefte erschienen waren. Herr Gruson-Magdeburg hielt einen Vortrag über Beobachtungen, die er im letzten Winter auf einer Reise nach Ägypten und daselbst über das Zodiakallicht und die Dämmerungserscheinungen angestellt hat. Die Theorie, die der Vortragende hinsichtlich des Zusammenhanges beider Erscheinungen aufstellte, blieb nicht ohne Widerspruch. Herr Plassmann sprach ausführlicher über die Arbeiten der dritten Gruppe der Vereinigung (Veränderliche Sterne), im besonderen über Beobachtungen bezüglich des zeitweiligen Wiederanschwellens der Lichtstärke bei dem neuen Stern im Fuhrmann (Nova aurigae), die durch Beobachtungen in Washington bestätigt worden sind. Für die veränderlichen Sterne vom Algol-typus werden Beobachtungskärtchen angefertigt, die die schwer zugänglichen grossen Sternkarten bequem ersetzen. Herr Dr. Brendel berichtete über Beobachtungen und photographische Aufnahmen von Polarlichterscheinungen. In der Debatte wurden die überraschenden Erfolge hervorgehoben, die man bei unterexponierten Platten mit einer schwachen Lösung des Rodinal-Entwicklers ($^1/_{500}$) erreichen kann. Herr Dr. Rohrbach-Gotha berichtete über die ihm übertragene Herstellung von Sternkarten in gnomonischer Projektion zum Einzeichnen von Meteorbahnen. — Im Anschlusse an die Versammlung wurden die Einrichtungen der Sternwarte und der Normalaichungskommission, sowie die Sonnenwarte in Potsdam besichtigt.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Foucaultsches Pendel und Apparat zur Objektivprojektion des Foucaultschen Pendelversuches.

Von M. Th. Edelmann in München.

Das hohlkonische Lager A wird mit drei Holzschrauben $a\,b\,c$ an der Zimmerdecke des Hörsaales befestigt; in dasselbe passt der gehärtete Stahlzapfen C. Von dem Rotationskörper A ist ein Drittel (a bis c) entfernt, so dass man den Zapfen C leicht einsetzen und wieder herausnehmen kann. Das Loch im Stahlzapfen, zur Aufnahme des messingenen Aufhängungsdrahtes $d\,e\,f\,g$, ist in Trichterform, wie bei Drahtzieheisen, gearbeitet; am unteren Ende wird der Draht in das Loch g der Schraubenmutter D eingeschoben. An die Mutter D wird der Stahlbolzen NO angeschraubt, welcher die schwere gusseiserne Linse L trägt und unten in eine scharfe konische Spitze endet.



Zur objektiven Projektion des Foucaultschen Pendelversuches wird genau vertikal unter die Ruhelage des Pendels ein Spiegelapparat aufgestellt; die axiale Messingspitze W desselben wird mittelst der Fussschrauben $X\,Y\,Z$ und der Correktionsschrauben $P\,Q\,R$ genau und nahe unter die Spitze des Pendels gebracht. Der Hauptheil an diesem Nebenapparate ist eine ausserordentlich leicht bewegliche vertikale Axe mit dem Spiegel S. Diese Axe ist zwischen den feinen Spitzen $m\,n$ gelagert und trägt einen Seitenarm M aus Aluminium, der in eine kurze Eisenschneide F endigt. Der Bolzen $N\,O$ besteht aus gehärtetem Stahl und die Spitze N ist ein sehr kräftiger Magnetpol. Schwingt diese über die Schneide F weg, so stellt sich letztere immer genau unter die Bahn des Punktes N ein und die Axe $m\,n$ macht daher die Drehung der Pendelebene genau mit, ohne dass das Pendel in seiner freien Bewegung gestört würde. Durch Reflexion an dem Spiegel S kann man mit Hülfe von Lichtquelle, Spalt und Linse auf bekannte Weise ein Spaltbild auf eine weisse Fläche werfen. Da sich durch die Spiegelung der Drehwinkel verdoppelt, so sieht man schon auf einem nur 4 m entfernten Schirm bei jeder einzelnen Pendelschwingung deutlich das Fortrücken des Spaltbildes; unter solchen Verhältnissen beschreibt in unseren Breiten das Spaltbild in 5 Minuten einen Weg von 11 cm.

Preis des Pendels allein M. 100, mit Projektionsvorrichtung M. 190.

Der Horizont.

Nach Ludwig Buth construiert von Ferdinand Ernecke in Berlin.

Bei der Betrachtung des Himmelsgewölbes müssen folgende Vorstellungen gewonnen werden: Standpunkt, Horizont, Horizontfläche, Ost-, West-, Nord-, Südpunkt, Ost-Westlinie, Nord-Südlinie, Tagkreis, Tag- und Nachtbogen, Sonnenaufgangs- und Sonnenuntergangspunkt, Morgen- und Abendweite, Kulminationspunkt, Äquator, Wendekreise, Mittagshöhe und Polhöhe. Zur Fixierung und Reproduktion dieser Vorstellungen soll der als „Horizont“ bezeichnete Apparat dienen. Die Horizontfläche ist durch eine Scheibe von 30 cm Durchmesser, der Tagkreis durch einen Ring von 32 cm Durchmesser dargestellt. Die Einstellung kann für jeden Ort der nördlichen Erdhälfte und für jeden Tag im Jahre ausgeführt werden. Demzufolge verhilft der Apparat auch zur Beantwortung der Fragen: Wann und wie weit vom Ost- bezw. Westpunkte entfernt geht die Sonne auf oder unter? — Wie gross ist der Tag-, der Nachtbogen? — In welcher Höhe steht die Sonne (Winkel mit der Horizontfläche)? — Welche Neigung hat die Horizontfläche zur Erdaxe (Polhöhe)? — Die Winkelablesungen geschehen teils an einem grossen Kreisbogen, an dem ein mit dem Tagkreis verbundener Schieber beweglich ist, teils an einem transporteur-ähnlichen Halbkreis, der auf die Mitte der Horizontalscheibe aufgesetzt ist.

Die Handhabung des Apparates ist sehr einfach. Der Preis ist 54 Mark.

Himmelserscheinungen im September und Oktober 1892.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde,
☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn.

Monatstag	September 2	7	12	17	22	27	Oktober 2	7	12	17	22	27	
Heliocentrische Längen.	6°	33	63	95	125	151	173	192	209	225	239	253	☿
	15	23	31	39	47	55	63	71	79	87	95	103	♀
	340	345	350	355	0	5	10	15	20	25	29	34	♁
	331	334	337	340	343	347	350	353	356	359	2	5	♂
	16	17	17	18	18	18	19	19	20	20	21	21	♃
	182	183	183	183	183	183	183	184	184	184	184	184	♄
Geocentrische Rectascensionen.	285°	355	64	138	195	253	322	30	106	171	225	290	☾
	150	150	154	161	169	177	185	193	201	209	216	224	☿
	117	121	126	131	136	141	146	152	157	162	168	173	♀
	162	166	171	175	180	184	189	193	198	203	207	212	☉
	311	311	311	312	313	314	316	318	320	322	324	326	♂
	23	23	22	22	21	21	20	20	19	18	18	17	♃
	181	182	182	183	183	184	185	185	186	186	187	187	♄
Geocentrische Deklinationen.	−27°	−6	+24	+22	−4	−26	−20	+12	+27	+8	−18	−27	☾
	+10	+11	+11	+10	+7	+3	−1	−4	−8	−12	−15	−18	☿
	+17	+17	+17	+17	+15	+14	+13	+11	+10	+8	+6	+4	♀
	+8	+6	+4	+2	+0	−2	−4	−6	−8	−10	−11	−13	☉
	−24	−24	−23	−23	−22	−22	−21	−20	−19	−18	−17	−16	♂
	+8	+8	+8	+7	+7	+7	+7	+7	+6	+6	+6	+6	♃
	+2	+2	+1	+1	+1	+1	+0	+0	−0	−0	−1	−1	♄
Aufgang.	$17^h\,16^m$	17.25	17.33	17.41	17.50	17.58	18.6	18.15	18.23	18.33	18.42	18.52	☉
	$5^h\,16^m$	7.10	8.42	14.4	20.15	1.6	4.45	5.57	9.15	15.40	21.42	1.50	☾
Untergang	6^h43^m	6.32	6.20	6.8	5.56	5.44	5.33	5.21	5.10	4.59	4.48	4.37	☉
	11^h52^m	19.7	1.9	5.30	6.32	7.57	12.33	21.11	2.31	4.21	5.15	8.26	☾
Zeitglchg.	$-0^m\,37^s$	−2.16	−4.0	−5.46	−7.31	−9.13	−10.50	−12.19	−13.38	−14.43	−15.33	−16.5	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

September	6	$10^h\,1^m$	Vollmond	
„	8	12	Mond in Erdnähe	
„	13	1 43	Letztes Viertel	
„	20	14 10	Neumond	
„	24	7	Mond in Erdferne	
„	28	19 13	Erstes Viertel	
Oktober	5	$19^h\,5^m$	Vollmond	
„	6	18	Mond in Erdnähe	
„	12	10 31	Letztes Viertel	
„	20	7 18	Neumond	
„	21	16	Mond in Erdferne	
„	28	10 20	Erstes Viertel	

Constellationen. September: 3 19^h ♂ ☌ ☾; 7 10^h ♂ in Sonnennähe; 9 2^h ♃ ☌ ☾; 11 4^h ☿ in grösster westlicher Elongation; 13 23^h in Sonnennähe; 16 11^h ♀ ☌ ☾; 18 4^h ♀ in grösster westlicher Elongation; 19 5^h ☿ ☌ ☾; 20 22^h ♄ ☌ ☾; 22 3^h ☉ in der Wage, Herbstnachtgleiche; 25 11^h ♄ ☌ ☉. — Oktober: 1 11^h ☿ ☌ ♄; 1 12^h ♂ ☌ ☾; 6 3^h ♀ ☌ Regulus; 6 7^h ♃ ☌ ☾; 7 18^h ☿ obere ☌ ☉, wird Abendstern; 12 7^h ♃ ☍ ☉; 16 4^h ♀ ☌ ☾; 18 11^h ♄ ☌ ☾; 20 unsichtbare partielle Sonnenfinsternis; 21 3^h ☿ ☌ ☾; 23 früh ☉ im Skorpion; 27 23^h ☿ in Sonnenferne; 29 18^h ♂ ☌ ☾.

Meteore in verhältnismässig grosser Zahl sind zu erwarten September 6—7, 26—27; Oktober 17—24.

Veränderliche Sterne. 1) Algols-Minima treten ein September 1 11^h, 4 7^h, 18 16^h, 21 12^h, 24 9^h; Oktober 8 17^h, 11 14^h, 14 11^h, 17 8^h, 31 16^h. 2) Minima von λ *Tauri* September 21 16^h, 25 15^h, 29 14^h; Oktober 3 13^h, 7 12^h, 11 11^h, 15 9^h, 19 8^h, 23 7^h, 27 6^h. 3) Zu den für Juli und August genannten Sternen treten in den späten Abendstunden noch ζ und η *Geminorum*, noch später δ *Orionis*.

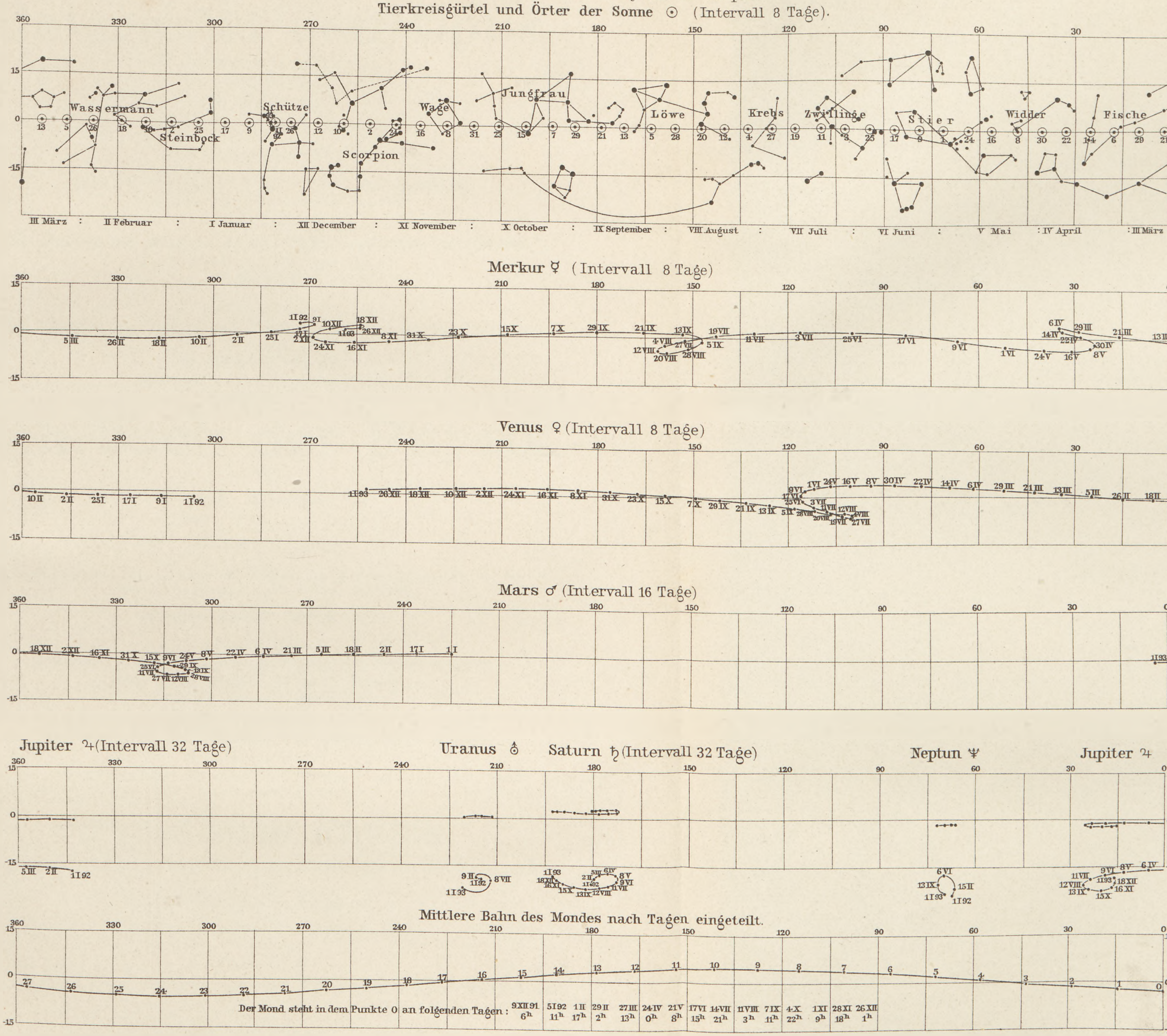
Das **Zodiakallicht** ist in beiden Monaten gegen 16^h am östlichen Himmel aufzufinden, soweit nicht der Mondschein hindert.

J. Plassmann, Warendorf.

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

Die scheinbaren Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1892

bezogen auf das Coordinatensystem der Ekliptik.



Entworfen von M. Koppe.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

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