

~~Inrce-Wessel-
Oberschule Zoppot
Physik~~

Inv. No. 1120

Schülerübungen aus der Mechanik und der Wärmelehre.

Von

Dr. W. Bahrdt in Berlin-Lichterfelde.

In den letzten Jahren ist ein starkes Bedürfnis nach Aufgaben und Apparaten für Schülerübungen zutage getreten, das durch die Einführung dieser neuen Unterrichtsmethode an den meisten höheren Schulen bedingt ist. Die Hauptschwierigkeit, die der allgemeinen Einführung dieser Übungen, insbesondere der Übungen in gleicher Front, entgegensteht, ist bei fast allen Schulen die Geldfrage; die Anschaffung eines noch so billigen Apparates in acht- bis zehnfacher Ausführung bedeutet immerhin eine beträchtliche Ausgabe. Da nur wenige Schulen in der glücklichen Lage sind, aus einem jährlichen, besonderen Etat für Schülerübungen ihren Apparatenbestand für den neuen Unterrichtsbetrieb beschaffen zu können, so tun uns bitter not billige Versuchsanordnungen ähnlich den Stecknadelversuchen von HAHN für die Optik. Einige der im folgenden beschriebenen Versuche haben diesen Vorzug. Dem Mangel an einer genügenden Anzahl von teureren Apparaten derselben Art kann man dadurch abhelfen, daß man die Schüler mit verschiedenen Apparaten, die zur Erläuterung eines kleinen, abgeschlossenen Gebietes der Physik dienen, arbeiten läßt; beim Fall der Körper z. B. kann man in derselben Stunde eine Schülergruppe mit dem Whiting-schen Pendel¹⁾, andere mit der Fallrinne von Galilei, der Fallrinne von Duff²⁾, von Packard³⁾ und ähnlichen Versuchsanordnungen experimentieren lassen. Bei dieser Arbeitsweise wird der große Vorzug der „Übungen in gleicher Front“ gewahrt, daß sich die praktischen Arbeiten der Schüler organisch in den Vortragsunterricht eingliedern lassen, während dem einzelnen Schüler zugleich eine größere Selbständigkeit als bei den reinen Übungen in gleicher Front gelassen wird.

1. Fall der Körper in widerstehenden Mitteln.

Es handelt sich hierbei im wesentlichen um den Nachweis der Gesetze des Falles der Körper in Luft und in Wasser. Als Fallkörper in Luft benutze ich kegelförmige Fallschirme aus Seidenpapier (Fig. 1); man stellt sie her, indem man Kreis-sektoren von 6 cm Radius und 270° Mittelpunktswinkel ausschneidet und die beiden Radienkanten mit wenig Syndetikon zusammenklebt; bei Versuchen mit einem solchen Fallschirm ist die Spitze nach unten gerichtet. Der Schirm fällt bei ruhiger Luft vertikal nach unten, ohne zu kippen oder zu pendeln. Der Mittelpunktswinkel 270° ist als der günstigste ausprobiert; bei größerem Winkel gerät der Fallschirm leicht ins Schaukeln, bei kleinerem Winkel wird seine Fallgeschwindigkeit unerwünscht groß. Das Gewicht a g des Fallschirms wird auf der chemischen Wage bestimmt. Man stellt nun aus dünnem Draht zusammengerollte Gewichte her, die gleich $a, 2a$



Fig. 1.

¹⁾ Hahn, Handbuch für physikalische Schülerübungen, S. 145.

²⁾ Desgl., S. 140.

³⁾ Desgl., S. 150.

und $3a$ g sind und in den Fallschirm hineingelegt werden. Es ist ratsam, bei den Versuchen sich mehrerer gleich schwerer Fallschirme zu bedienen, da die Übungen bei mehreren Schirmen schneller als bei einem einzigen vorstatten gehen und ferner beim Aufstoßen der Fallschirme auf die Erde oder beim Anfassen leicht Verbiegungen eintreten, die das Versuchsergebnis ungünstig beeinflussen. Zur Aufbewahrung legt man die Seidenschirme zwischen zwei etwas größere, im übrigen aber gleich geformte Schirme aus festem Zeichen- oder Kartonpapier. Bei Ausführung der Versuche hängt man den Fallschirm mit abwärts gerichteter Spitze in einen Drahtring, der an einer mehrere Meter langen Holzstange oder Glasröhre befestigt ist (Fig. 2). Als Ort für

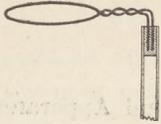


Fig. 2.

die Anstellung der Fallversuche ist jedes Zimmer geeignet, besonders günstig sind jedoch hohe Hallen oder Treppenture. Die Fallwege werden entweder an einer vertikal aufgestellten Latte mit Dezimeterteilung, die z. B. beim Turnen zur Abmessung des Weitsprungs gebraucht wird, oder an irgendwelchen Wandmarken abgemessen. Die Fallzeiten bestimmt man mit der Stechuhr oder dem Metronom.

Versuch 1. Man mißt die Fallwege des Schirmes in der ersten, zweiten, dritten usw. Sekunde.

Der Versuch lehrt: Der Körper fällt anfänglich in beschleunigter, nach kurzer Zeit aber in gleichförmiger Bewegung.

Versuch 2. Man mißt die konstanten Endgeschwindigkeiten des Schirmes zuerst ohne, dann mit Belastung.

Ergebnis. Sind die Gewichte des Fallschirms ohne Belastung a g und mit Belastungen $2a$, $3a$, $4a$ g, so verhalten sich die konstanten Endgeschwindigkeiten wie $\sqrt{1}:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\sqrt{4}$.

Erklärung der Versuche. Die Kräfte K , welche das Fallen des Schirmes verursachen, sind die Gewichte a , $2a$, $3a$, $4a$; diese Kräfte erzeugen zu Beginn der Bewegung eine Beschleunigung. Nachdem aber der Fallkörper seine gleichförmige Bewegung erreicht hat, ist die Beschleunigung gleich Null; d. h. die auf den Körper einwirkenden Kräfte sind zusammen gleich Null. Es muß also eine Kraft jenen Kräften K entgegenwirken und nach Erreichung der gleichförmigen Bewegung ihnen gleich sein; dies ist der Widerstand der Luft. Da zur Erreichung der doppelten Geschwindigkeit des Schirmes ein viermal so großes Gewicht des Schirmes nötig war, so muß daher auch bei der doppelten Geschwindigkeit der Widerstand der Luft viermal so groß sein wie bei der einfachen Geschwindigkeit; d. h. der Widerstand der Luft wächst wie das Quadrat der Geschwindigkeit der Bewegung.

Berechnung der Größe des Luftwiderstandes in kg. Ein Versuch mit einem 0,16 g schweren Fallschirm von kegelförmiger Gestalt ergab eine konstante Endgeschwindigkeit von 0,66 m/sec; die Seitenkante des Kegels betrug 5,7 cm; der Radius der offenen Grundfläche war 4,3 cm. Die Mantelfläche des Schirmes ergibt sich hieraus zu $\pi \cdot 4,3 \cdot 5,7 = 77 \text{ cm}^2 = 0,0077 \text{ m}^2$.

Bei 0,66 m/sec Geschwindigkeit und $0,0077 \text{ m}^2$ Fläche ist nun die Größe des Luftwiderstandes gleich $0,00016 \text{ kg}$; bei 1 m/sec Geschwindigkeit und 1 m^2 Fläche ist daher die Größe des Luftwiderstandes gleich $\frac{0,00016}{0,66^2 \cdot 0,0077} = 0,048 \text{ kg}$. Bei dieser Berechnung ist die Voraussetzung gemacht, daß der Luftwiderstand direkt proportional der Größe der Fläche ist. Zum Vergleich seien noch einige Angaben gemacht, die für die Luftschiffahrt von Bedeutung sind.

Der Widerstand, den eine ebene Fläche von 1 m^2 Größe bei einer Geschwindigkeit von 1 m pro Sek. erfährt, beträgt etwa 0,12 kg; der auf eine Kugel ausgeübte Luftwiderstand beträgt nur den dritten Teil von dem, den eine ebene Fläche von gleichem Querschnitt erfahren würde. Die obige Berechnung lehrt also, daß eine

Spitze in Gestalt eines stumpfen Kegels einen größeren Widerstand erfährt als eine kugelförmige Fläche von gleichem Querschnitt. (Vgl. hiermit den Widerstand des Wassers gegen einen trichterförmigen Schwimmer mit abwärts gerichteter Spitze, S. 4.)

Bei den Versuchen über den Fall der Körper in Wasser habe ich Schwimmer aus verschiedenen Materialien ausprobiert. Zuerst wiederholte ich die Versuche von Fr. C. G. Müller, die in dieser Zeitschr. VII, S. 291, beschrieben sind. Aus Kork und Messingdraht wird ein Körper von der in Fig. 3 bezeichneten Form hergestellt, der gerade im Wasser schwebt. Hängt man nun an den unteren Haken nacheinander zwei Übergewichte aus feinem Draht, deren Gewichtsverhältnis 1:4 ist, und mißt mittels Metronoms und Maßstabes die Endgeschwindigkeiten des Fallkörpers in einem hohen, mit Wasser gefüllten Zylinder, so findet man Werte, die sich wie 1:2 verhalten. — Bei diesem scheinbar so einfachen Versuch stellt sich aber ein großer Übelstand heraus. Es ist nach meiner Erfahrung unmöglich, den Kork so auszubalanzieren, daß er für die Dauer von mehreren hintereinander ausgeführten Versuchen gerade im Wasser schwebt. Hat man nämlich durch behutsames Abschneiden kleiner Stücke Kork erreicht, daß der Schwimmer eben unter der Wasseroberfläche schwebt, so ist er nach dem erstmaligen Tauchen in größere Tiefen schwerer geworden, weil durch den höheren Druck Wasser in die Poren gepreßt worden ist. Nimmt man aber jetzt den Schwimmer einige Zeit wieder aus dem Zylinder heraus, so wird er durch Verdunsten des eingedrungenen Wassers leichter. Auch durch Eintauchen in flüssiges Paraffin wurde dieser Übelstand nicht ganz behoben. — Ich ersetzte daher den Kork durch ein kreisrundes Holzbrett von 2 cm Radius, das durch Eintauchen in geschmolzenes Paraffin wasserundurchlässig gemacht wurde, und erzielte nun etwas bessere Resultate, die mich jedoch auch nicht zufriedenstellten. Die Schwimmer, mit denen ich die im folgenden beschriebenen Versuche ausgeführt habe, sind aus Glas hergestellt; sie haben den Vorzug, daß sie gegen mechanische und chemische Einwirkungen unveränderlich sind, und daher bei derselben Temperatur unter allen Umständen dasselbe Gewicht haben.



Fig. 3.

Man besorgt sich beim Glasbläser mehrere Kugeln von etwa 3, 4 und 5 cm Durchmesser mit angeschmolzener Glasröhre (Fig. 4), füllt sie so weit mit Schrot, daß die Röhre nur noch wenige Millimeter aus dem Wasser herausragt, und schmilzt nunmehr das Röhrenende mit einer Gebläseflamme zu. Nun legt man fest um den Hals des Schwimmers einen Messingdraht und schneidet so lange davon ab, bis der Schwimmer eben im Wasser schwebt; hat man zu viel abgeschnitten, so setzt man auf den Draht wieder etwas Weichlot auf. Der so austarierte Schwimmer (Fig. 5) schwebt jedoch nur bei der während des Ausprobierens herrschenden Wassertemperatur;



Fig. 4.

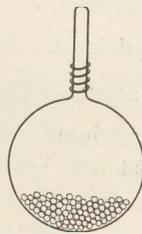


Fig. 5.

schon eine Temperaturänderung von weniger als 1° stört das Gleichgewicht. Um den Einfluß der Wassertemperatur bei Versuchen, die zu verschiedenen Zeiten angestellt werden, zu eliminieren, schiebt man auf den Hals des Schwimmers Ringe aus dünnstem Aluminiumdraht (0,3 mm), die man sich herstellt, indem man ein kurzes Drahtstück einmal um den Hals des Schwimmers herumlegt und die freien Enden zusammendreht.

Zu den Schwimmern gehören Übergewichte, die im Verhältnis 1:4:9 stehen; die bei meinen Versuchen benutzten wiegen 0,06 g, 0,24 g und 0,54 g. Sie werden hergestellt aus Aluminiumdraht von 1 mm Dicke und auf der chemischen Wage gewogen. Man rollt sie spiralförmig zusammen, so daß sie mit einiger Reibung auf den Hals der Schwimmer geschoben werden können.

Man läßt die Fallkörper untersinken in einem weiten, über 1 m hohen, mit Wasser gefüllten Standzylinder, hinter dem man einen in Zentimeter eingeteilten Metermaßstab befestigt. Die Schwimmkörper werden nach jedem Versuche mit Hilfe einer langen Glasröhre, an deren unterem Ende ein Drahring von weniger als 3 cm Durchmesser mit Siegelack befestigt ist (Fig. 6), wieder an die Oberfläche befördert. Die Zeiten mißt man mit der Stechuhr oder dem Metronom.

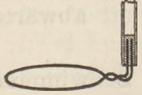


Fig. 6.

Versuch 1. Man belastet den Schwimmer mit einem beliebigen Übergewicht, taucht ihn vollständig in Wasser ein und läßt ihn mit der Anfangsgeschwindigkeit Null fallen. Man mißt nun die Fallwege in der ersten, zweiten, dritten usw. Sekunde.

Ergebnis des Versuchs. Der Schwimmer fällt anfänglich in beschleunigter, nach kurzer Zeit aber in gleichförmiger Bewegung.

Versuch 2. Man mißt nacheinander die konstanten Endgeschwindigkeiten des Schwimmers, die er bei Belastung mit 3 Übergewichten im Gewichtsverhältnis 1 : 4 : 9 erlangt.

Ergebnis. Die Endgeschwindigkeiten verhalten sich wie 1 : 2 : 3, d. h. wie die Quadratwurzeln aus den Übergewichten.

Hieraus ergibt sich, wie bei Luft, daß der Widerstand des Wassers wie das Quadrat der Geschwindigkeit der Bewegung wächst.

Versuch 3. Man belastet Schwimmer von verschiedener Größe nacheinander mit demselben Übergewicht und mißt die konstanten Endgeschwindigkeiten. Darauf bestimmt man mit der Schubleere die Durchmesser der Schwimmer.

Ergebnis. Die Endgeschwindigkeiten zweier kugelförmigen Wasserschwimmer, die mit demselben Übergewicht belastet sind, verhalten sich umgekehrt wie ihre Durchmesser.

Hieraus ergibt sich im Zusammenhang mit den vorigen Ergebnissen das Gesetz: Der Widerstand kugelförmiger Flächen nimmt proportional der Fläche zu.

Beweis: Es seien die Durchmesser der Schwimmer d_1 und d_2 ($d_1 < d_2$), die Geschwindigkeiten bei demselben Übergewicht c_1 und c_2 . Dann ist nach Versuch 3

$$c_1 : c_2 = d_2 : d_1. \dots \dots \dots 1)$$

Um die Geschwindigkeit des zweiten Schwimmers gleich der des ersten zu machen, müßte man nach Versuch 2 sein Übergewicht mit dem Verhältnis $\frac{c_1^2}{c_2^2}$ multiplizieren. Bei gleichen Geschwindigkeiten der Schwimmer würde dann das Verhältnis ihrer Übergewichte gleich $1 : \frac{c_1^2}{c_2^2}$ oder gleich $c_2^2 : c_1^2$ sein. Nun sind aber die Übergewichte gleich den Widerständen, die beide Schwimmer im Wasser erfahren, also ist das Verhältnis der Widerstände des ersten und des zweiten Schwimmers

$$w_1 : w_2 = c_2^2 : c_1^2. \dots \dots \dots 2)$$

Da aber das Verhältnis der Flächen der Schwimmer gleich $f_1 : f_2 = d_1^2 : d_2^2$ ist, so ergibt sich mit Hilfe von Gleichung 1)

$$f_1 : f_2 = c_2^2 : c_1^2. \dots \dots \dots 3)$$

Aus 2) und 3) folgt nun $w_1 : w_2 = f_1 : f_2$.



Fig. 7.

Versuch 4. Man belastet einen trichterförmigen, allseits geschlossenen Schwimmer (Fig. 7), dessen Spitze nach unten gerichtet ist und dessen Grundkreis gleich dem Querschnitt eines der kugelförmigen Schwimmer ist, mit demselben Übergewicht wie den Kugelschwimmer und vergleicht die Endgeschwindigkeiten.

Ergebnis. Ein kegelförmiger Schwimmer erleidet im Wasser einen größeren Widerstand als ein kugelförmiger Schwimmer von gleichem Querschnitt.

Berechnung der Größe des Wasserwiderstandes. Ein Versuch mit einem kugelförmigen Schwimmer von 3,95 cm Durchmesser, d. h. 12,25 cm² Querschnitt, ergab bei einem Übergewicht von 0,06 g eine konstante Endgeschwindigkeit von 0,03 m/sec.

Bei 0,03 m/sec Geschwindigkeit und 0,001 225 m² Querschnitt ist die Größe des Wasserwiderstandes gleich 0,000 06 kg; bei 1 m/sec Geschwindigkeit und 1 m² Querschnitt ist daher die Größe des Wasserwiderstandes gleich $\frac{0,000\ 06}{0,03^2 \cdot 0,001\ 225} = 54,4$ kg.

Ein Versuch mit einem kegelförmigen Schwimmer von 4,2 cm Durchmesser, d. h. von 13,85 cm² Grundfläche ergab bei einem Übergewicht von 0,06 g eine konstante Endgeschwindigkeit von 0,0231 m/sec. Hieraus ergibt sich für 1 m² Fläche und 1 m/sec Geschwindigkeit die Größe des Wasserwiderstandes gleich

$$\frac{0,000\ 06}{0,0231^2 \cdot 0,001\ 385} = 81 \text{ kg.}$$

2. Messung des spezifischen Gewichts des Wassers bei verschiedenen Temperaturen.

Man braucht zu den Versuchen einen großen, mit Schrot beschwerten Glaschwimmer, ähnlich dem in Fig. 5 dargestellten, der in Wasser von nahezu 100° untertaucht, bei etwas niedrigerer Temperatur aber steigt; sehr geeignet zu der Herstellung sind die Glasballons, die zur Dampfdichtebestimmung nach der Dumasschen Methode verwendet werden. Ferner schneidet man von 1 mm starkem Messingdraht 10 Stücke von 1 g Gewicht und einige von 0,5 g, 0,2 g und 0,1 g ab, biegt jedes zu einem Ringe um und dreht die freien Enden zusammen. Das zu untersuchende Wasser befindet sich in einem großen Becherglase aus Jenenser Glas. Seine Temperatur wird mittels eines in $\frac{1}{1}^{\circ}$ geteilten Thermometers gemessen, dessen Teilung von 0° bis 100° reicht. Da man bei den folgenden Versuchen nur die Differenz der spezifischen Gewichte des Wassers bei verschiedenen Temperaturen ermittelt, so ist es empfehlenswert, die Messungen von 100° bis zu 4° anzustellen, weil man dann auch die absoluten Werte der spezifischen Gewichte erhält. Stellt man den Versuch so an, wie er im folgenden beschrieben wird, so erhält man eine Reihe von Werten für das spezifische Gewicht des Wassers bei Temperaturen zwischen 100° und 4°.

Versuch. Man füllt das Becherglas mit heißem Wasser, aus dem alle Luftblasen durch Auskochen entfernt worden sind, legt den Schwimmer hinein und befestigt das Thermometer an einem Stativ derart, daß der Quecksilberkopf sich ungefähr in der Mitte zwischen Wasseroberfläche und Boden an der Seite des Becherglases befindet; für den Schwimmer muß soviel Raum bleiben, daß er sich in vertikaler Richtung bequem an dem Thermometer vorbei bewegen kann. Nun erhitzt man das Wasser bis zum Sieden und entfernt die Flamme; der Schwimmer befindet sich nunmehr am Boden des Gefäßes. Das Wasser kühlt sich jetzt ab. Bei einer gewissen Temperatur t_0 , einige Grad unterhalb der Siedetemperatur, steigt der Schwimmer in die Höhe, weil das kältere Wasser tragfähiger ist. Man legt nun auf den Hals des Schwimmers einen Ring von 1 g, wodurch er wieder zum Sinken gebracht wird, und beobachtet die Temperatur t_1 , bei der er wieder in die Höhe steigt. So fährt man fort mit dem Aufsetzen neuer Ringe und der Beobachtung der zugehörigen Temperaturen. Nähert sich die Temperatur des Wassers im Becherglase der Zimmertemperatur, so beschleunigt man die Abkühlung durch Zugießen kleiner Mengen kalten Wassers. Um die Wassertemperatur auf 4° zu bringen, füllt man Eisstücke oder besser Schnee hinein. Damit das Wasser an allen Stellen die angezeigte Temperatur besitzt, ist für häufiges Umrühren zu sorgen, was in bequemer Weise mit dem Schwimmer selbst besorgt werden kann. — Nach Beendigung dieser

Untersuchungsreihe wiegt man den Schwimmer ohne Ringe in Luft (p g) und bestimmt darauf seinen Auftrieb ($p + a$) g in Wasser von 4° .

Berechnung: T° und t° seien zwei während des Versuchs gemessene Wassertemperaturen, m und M die zugehörigen Übergewichte, v_T und v_t die Volumina des Glasschwimmers bei diesen Temperaturen, s_T und s_t die zugehörigen spezifischen Gewichte des Wassers, p sei das Gewicht des Glasschwimmers in Luft, $p + a$ sein Auftrieb in Wasser von 4° , γ der als bekannt vorausgesetzte kubische Ausdehnungskoeffizient des Glases und σ das spezifische Gewicht des Messings bzw. des Metalls, aus dem die ringförmigen Übergewichte angefertigt sind.

Nach dem Archimedischen Gesetz bestehen dann die beiden Gleichungen

$$p + m = v_T \cdot s_T + \frac{m}{\sigma}$$

und

$$p + M = v_t \cdot s_t + \frac{M}{\sigma}.$$

Hieraus ergibt sich

$$s_t - s_T = \frac{p + M \left(1 - \frac{1}{\sigma}\right)}{v_t} - \frac{p + m \left(1 - \frac{1}{\sigma}\right)}{v_T}.$$

Setzt man noch

$$v_T = v_t (1 + \gamma [T - t])$$

und zur Abkürzung $1 - \frac{1}{\sigma} = \varrho$, so erhält man

$$s_t - s_T = \frac{p + M \varrho}{v_t} - \frac{p + m \varrho}{v_t (1 + \gamma [T - t])}$$

oder

$$s_t - s_T = \frac{1}{v_t} [p + M \varrho - (p + m \varrho) (1 - \gamma [T - t])]$$

oder

$$s_t - s_T = \frac{1}{v_t} [(M - m) \varrho + (p + m \varrho) \gamma [T - t]].$$

Ist $t = 4^{\circ}$, so wird $s_t = 1$ und $v_t = p + a$. Man erhält dann

$$s_T = 1 - \frac{1}{p + a} [(M - m) \varrho + (p + m \varrho) \gamma [T - 4]].$$

3. Nachweis des Dichtemaximums von Wasser.

Die Schüler fertigen sich, wie in Nr. 1 beschrieben, einen größeren Schwimmer (5 bis 6 cm Durchmesser) aus Glas an, der in Wasser von 4° noch eben schwimmt. Füllt man nun drei Bechergläser mit Wasser von 0° , 4° und 8° an, so sinkt er im ersten und letzten unter, im mittleren steigt er an die Oberfläche. Natürlich gibt dieser Versuch nicht die Temperatur des wahren, sondern nur diejenige des scheinbaren Dichtemaximums an.

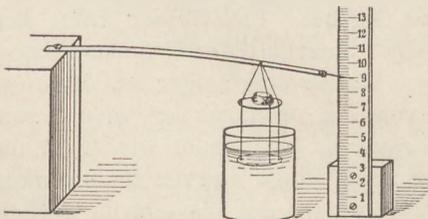


Fig. 8.

4. Messung des spezifischen Gewichts fester Körper.

Die im folgenden beschriebene Vorrichtung (Fig. 8) ist ein Ersatz für die Jolysche Federwaage. Ein 35 cm langer und 1 cm breiter Stahlstreifen wird an einem Ende an einem hohen Holzklötzchen festgeschraubt. An dem freien Ende befestigt man mit Plastilin, Siegellack oder Zwirn eine Stecknadel. An einem vertikal aufgestellten Millimeterlineal liest man die jeweilige Höhe der

Nadelspitze ab. An den Stahlstreifen hängt man eine Doppelwagschale, die man aus zwei kreisrunden Zelluloidscheiben und Zwirnsfäden herstellt. Die untere Schale taucht in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, die obere hängt in Luft.

Versuch 1. Man belastet die obere Schale mit passenden Gewichten eines Gewichtssatzes und mißt die Senkungen der Stahlfeder.

Ergebnis. Die Ausschläge sind bei nicht zu großen Durchbiegungen proportional den Gewichten.

Versuch 2. Man legt den zu untersuchenden Körper zuerst auf die obere, dann auf die untere Wagschale und mißt die Ausschläge a und b der Nadel, gemessen von ihrer Ruhelage an. Das spezifische Gewicht des Körpers ist dann $s = \frac{a}{a-b}$.

Ein Vorzug dieser einfachen Vorrichtung vor anderen Federwagen besteht abgesehen von ihrer Billigkeit darin, daß man durch Verschieben der Wagschalen in der Richtung des Stahlstreifens die Empfindlichkeit der Wage verändern kann. Bei schweren Körpern schiebt man die Schalen nach dem festen, bei leichten Körpern nach dem freien Ende hin.

5. Nachweis des Torricellischen Ausflußgesetzes.

Eine einfache Versuchsanordnung hierzu beschreibt H. BOHN in „*Phys. App. u. Vers. a. d. Schäffer-Museum*“, S. 54. Der in Fig. 9 abgebildete Apparat zeigt einige Abänderungen gegenüber dem von Schäffer. Eine etwas über einen halben Meter

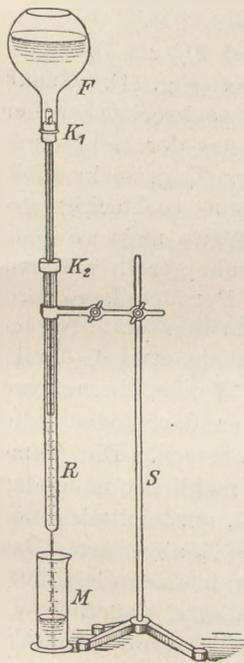


Fig. 9.

lange und 18 mm weite, dickwandige Glasröhre R ist an einem Ende bis auf eine sehr enge Öffnung zugeschmolzen. In die Röhre ist eine von der Öffnung nach oben rechnende Zentimeterteilung geätzt. Die Röhre wird in ein etwa 1 m hohes Stativ S vertikal, die Ausflußöffnung nach unten eingespannt und ein Meßgefäß M , das in cm geteilt ist, darunter gestellt.

Am selben Stativ ist oben eine Kochflasche F von 300 ccm Inhalt befestigt. Durch den einfach durchbohrten Gummistopfen K_1 geht eine 10 mm weite Glasröhre. Innerhalb derselben befindet sich eine zweite gleich lange Röhre von 3 mm Weite. Die unveränderliche, gegenseitige Lage der Röhren wird dadurch erreicht, daß man in den oberen Teil der weiteren Röhre eine kleine Öffnung a (Fig. 10) bläst und die engere Röhre an dieser Stelle anschlitzt.

Durch die engere Röhre fließt nun Flüssigkeit aus der Flasche, durch die weitere steigt ebensoviel Luft in die Flasche hinein.

Zur Verhinderung der Tropfenbildung und des dadurch bewirkten Abschlusses am unteren Ende der weiten Röhre ist dieser Teil schräg abgeschliffen. Die Vorrichtung dient dazu, das Flüssigkeitsniveau im Ausflußgefäß immer automatisch auf derselben Höhe zu halten.

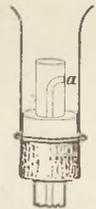


Fig. 10.

Ein Schüler füllt zunächst die Flasche F mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit, setzt den Stopfen mit den beiden Glasröhren auf, kippt das ganze um und läßt die Flüssigkeit in das Ausflußgefäß laufen, wobei ein zweiter Schüler die kleine Ausflußöffnung zuhält. Es wird nun die Flasche durch den Korkstopfen K_2 in einer solchen Höhe festgehalten, daß das untere Ende der weiten Glasröhre sich auf dem Teilstrich befindet, bis zu welchem das Flüssigkeitsniveau im Ausflußgefäß reichen soll.

Versuch 1. Wie hängt die Ausflußmenge und Ausflußgeschwindigkeit einer Flüssigkeit (z. B. Wasser) mit der Höhe des Flüssigkeitsspiegels

zusammen? Man stellt nacheinander das Flüssigkeitsniveau auf verschiedene Höhen h cm ein und läßt während einer mit dem Metronom zu messenden gewissen Anzahl Sekunden die Flüssigkeit in das Maßgefäß fließen. Die Ausflußmenge m cm³ pro Sek. wird berechnet. Die Versuchsergebnisse werden graphisch dargestellt, indem die Werte für m als Abszissen und diejenigen für h als Ordinaten gezeichnet werden. Durch welche Gleichung läßt sich graphisch die gefundene Beziehung zwischen m und h ausdrücken? In welcher Weise hängt m mit der Ausflußgeschwindigkeit v zusammen? Welche Gleichung stellt hiernach die Beziehung zwischen v und h dar?

Versuch 2. Wie hängt die Ausflußgeschwindigkeit von dem spezifischen Gewicht der Flüssigkeit ab?

Man stellt den Versuch für mehrere Flüssigkeiten (Wasser, Alkohol, Äther) an, indem man für alle die Ausflußmenge für dieselbe Sekundenzahl und dieselbe Höhe mißt.

Versuch 3. Wie hängt die Ausflußzeit mit der Höhe des Flüssigkeitsspiegels zusammen?

Bei dieser Übung wird die Flasche mit den beiden Röhren nicht gebraucht. Man füllt das Ausflußgefäß bis über den Teilstrich 49 mit Wasser und mißt mit dem Metronom die Zeiten, die das Wasser zum Ausfließen von dem Teilstrich 49—36, 36—25, 25—16 usw. braucht.

6. Schülerversuche zum Wärmeleitungsvermögen von Metallstäben.

a) Nachweis des linearen Temperaturabfalls nach Erreichung des stationären Zustandes.

An das eine Ende eines Metallstabes von 24 cm Länge und 2½ cm Dicke ist ein Metallrohr von 3,5 cm lichter Weite und 10 cm Länge gelötet (Fig. 11). Genau

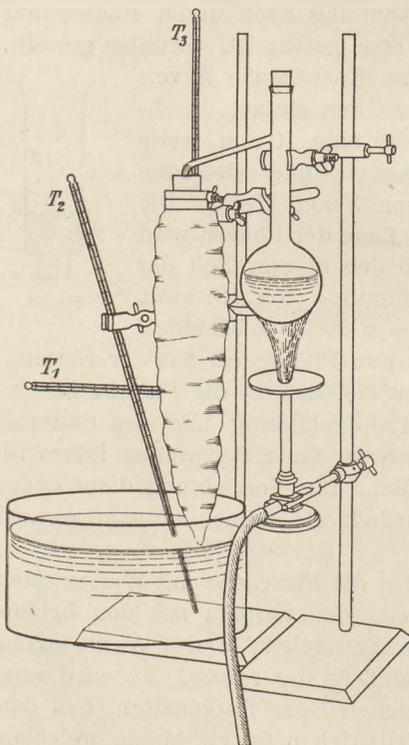


Fig. 11.

durch die Mitte des Stabes ist senkrecht zu seiner Achse ein Loch gebohrt, in das der Kopf eines in $\frac{1}{10}^\circ$ geteilten Thermometers T_1 gesteckt wird. Zur Wärmeisolation wird ein rechteckig geschnittenes schmales Stück Watte mehrere Male um den Stab und das Metallrohr gerollt und mit einem Bindfaden verschnürt. Der Metallstab wird in vertikaler Lage an einem Bunsenstativ befestigt. Sein unteres Ende taucht etwa 1—2 mm in das Wasser einer gefüllten Wanne, die mehrere Liter Inhalt hat; das Wasser darf jedoch die Watteverschnürung nicht benetzen. Die Temperatur des Wassers t , die möglichst nahe der Zimmertemperatur liegen soll, wird mittels eines in $\frac{1}{10}^\circ$ geteilten Thermometers T_2 abgelesen. Das obere Stabende wird durch den in einem Destillierkolben entwickelten Wasserdampf dauernd auf nahezu 100° gehalten. Diese Temperatur T wird an einem auf dem Grunde der Röhre stehenden Thermometer T_3 abgelesen. Zur nutzlosen Vermeidung von Wärmeverlusten wird das obere Röhrenende durch einen zweimal durchbohrten Kork verschlossen; doch müssen die Bohrungen so weit sein, daß ein kleiner Zwischenraum zum Entweichen des Wasserdampfes bleibt. Nach

Verlauf einiger Zeit, deren Länge von der Art des Metalls abhängt, ist die Temperatur der Stabmitte bis zum arithmetischen Mittel aus den Temperaturen der

Stabenden gestiegen und bleibt auf dieser Höhe stehen. Es ist somit gezeigt worden, daß ein stationärer Zustand eingetreten ist, d. h. daß jeder Punkt des Stabes nunmehr seine Temperatur beibehält, ferner daß die Kurve, die den Temperaturabfall vom heißen zum kalten Stabende darstellt, eine gerade Linie ist.

b) Messung des Wärmeleitungsvermögens.

Diese Messung habe ich bereits a. a. O. ausführlich beschrieben. Da sie aber mit der vorhergehenden in engstem Zusammenhang steht, so sei sie hier kurz wiederholt. Der Apparat ist derselbe wie beim vorigen Versuch. Nach Erreichung des stationären Zustandes ersetzt man das große Wassergefäß durch ein mit etwa 300 g Wasser von t_1^0 angefülltes Kalorimetergefäß. In einigen Minuten steigt die Temperatur infolge Wärmeleitung auf t_2^0 . Ist die Länge des Metallstabes = a cm, der Querschnitt = q cm², die Temperatur an den beiden Stabenden = T , bzw. t und die während n Sekunden durch den Stab geleitete Wärmemenge = w Kalorien, so ist das Wärmeleitungsvermögen des Metallstabes

$$L = \frac{w \cdot a}{q (T - t) \cdot n}$$

Man hat in dieser Gleichung zu setzen

$$t = \frac{1}{2} (t_1 + t_2) \quad \text{und} \quad q = \frac{\pi d^2}{4}$$

7. Nachweis der Abnahme der Wärmestrahlung mit dem Quadrat der Entfernung.

Eine Thermosäule wird mit einem Spiegelgalvanometer verbunden. Im Abstände von einigen Dezimetern stellt man ein brennendes Stearinlicht auf und mißt den Ausschlag des Lichtzeigers. Nun verändert man den Abstand Kerze — Thermosäule; auch der Ausschlag des Lichtzeigers ändert sich. Der Versuch zeigt, daß in der doppelten, bzw. dreifachen Entfernung die Wärmestrahlung nur $\frac{1}{4}$, bzw. $\frac{1}{9}$ der ursprünglichen Wärmewirkung hat.

8. Messung der spezifischen Wärme der Luft bei konstantem Drucke.

Diese Messung ist meines Wissens bisher nicht auf höheren Schulen vorgenommen worden. Der Grund hierfür liegt nicht etwa darin, daß die spezifische Wärme der Luft eine unwichtige Konstante wäre; im Gegenteil, sie ist von größter Bedeutung im Schulunterricht; z. B. beruht die Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents nach Robert Mayer auf ihrer Kenntnis. Die Vernachlässigung dieses wichtigen Kapitels aus der Wärmelehre liegt vielmehr an dem Fehlen eines für Schulzwecke geeigneten Apparates. Die in den Katalogen einiger größerer Firmen abgebildeten Apparate von De la Roche und Berard, Régnault und Eilhard Wiedemann sind wegen ihres hohen Preises und ihrer verwickelten Einrichtung für den Schulunterricht nicht brauchbar. Während es bei den wissenschaftlichen Messungen dieser Forscher wesentlich auf möglichst große Genauigkeit und vielseitige Anwendbarkeit des Apparates, z. B. für die Untersuchung der spezifischen Wärme verschiedener Gase unter niedrigem und hohem Druck, bei tiefen und hohen Temperaturen ankommt, genügt für Schulzwecke eine Vorrichtung, die für Luft und etwa noch für das eine oder andere Gas die spezifische Wärme unter einfacheren Bedingungen mit geringerer Genauigkeit zu messen gestattet. Dies leistet der im folgenden beschriebene Apparat; er ist so einfach wie irgend möglich gebaut. Eine Messung mit demselben ist nicht viel schwieriger, als eine gewöhnliche Bestimmung der spezifischen Wärme fester oder flüssiger Körper; die Messung dauert weniger als eine Kurzstunde.

Der ganze Apparat (Fig. 12) besteht aus 3 Teilen: 1. dem Vorwärmgefäß, 2. dem Kalorimeter und 3. dem Luftmesser

Das Vorwärmgefäß *A* ist ein Zinkkasten von 16 cm Länge, 10 cm Breite und 12 cm Höhe, in dem Wasser durch einen dreifachen Brenner *B* zum Kochen erhitzt wird. In diesem Wasserbade befindet sich ein 3,5 cm weites, 12 cm langes, mit zusammengerolltem Kupferdrahtnetz dicht angefülltes Kupferrohr *C*, in dem die durchstreichende Luft bis zur Siedetemperatur des Wassers erhitzt wird. An der Austrittsstelle der Luft aus dem Erhitzungsrohr hat der Zinkkasten einen zylindrischen Ansatz *D*, der durch eine ebenso große kreisförmige Öffnung in der Doppelisolierwand *E* aus Asbest geht.

Die Wassertemperatur in diesem Ansatzstück, die durch das Thermometer *F* gemessen wird, wird als Anfangstemperatur der Luft beim Eintritt in das Kalorimeter angenommen.

Das Erhitzungsgefäß steht mit dem Kalorimeter *G* durch ein 2,5 cm langes Rohr aus Neusilber, das eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit besitzt, in Verbindung, und zwar schiebt man das Rohrstück in die Bohrung eines Korks *H*, der sich im unteren Teile des Kalorimeters befindet. Für das Gelingen der Messung ist es von höchster Wichtigkeit, daß zwischen Vorwärmgefäß und Kalorimeter nur ein kleiner Zwischenraum (etwa 2 mm) bleibt. Auf einem größeren Wege würde sich die Luft außerordentlich schnell abkühlen; durch

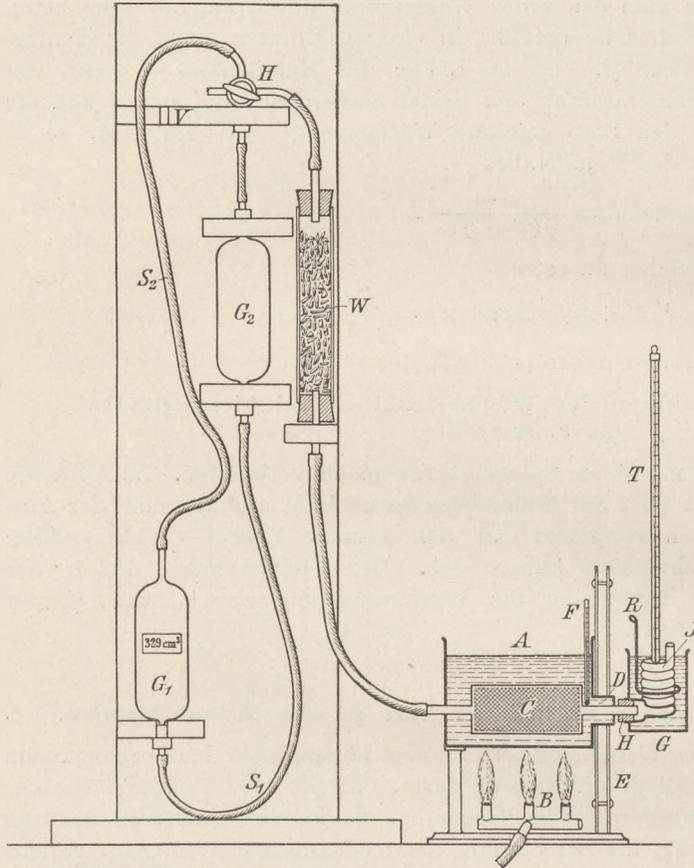


Fig. 12.

einen Versuch läßt sich leicht bestätigen, daß die auf 100° erhitzte Luft, die durch ein Bleirohr von 1—2 dem Länge streicht, sich bereits vollständig bis auf Zimmertemperatur abkühlt.

Der im Vorwärmgefäß erhitzte Luftstrom gibt in dem mit Wasser von wenigen Grad unter Zimmertemperatur gefüllten Kalorimetergefäß seine Wärme ab. Zunächst tritt der Gasstrom in eine weitere zylindrische Röhre, die in die Kalorimeterwandung gelötet ist, und in die ein durchbohrter Kork geschoben wird, ein; von hier aus passiert die Luft das 90 cm lange und 7 mm weite Schlangrohr *J* aus Messing und tritt dann in die freie Luft aus. Das Kalorimeter, das aus dünnem Messingblech hergestellt ist, hat eine Höhe von 8 cm und eine Weite von 6 cm. Es faßt ca. 130 g Wasser. Eine Wärmeisolation durch Watte oder durch einen Holzkasten hat sich als überflüssig herausgestellt. Die Temperatur des Wassers, das durch einen auf- und abbewegbaren ringförmigen Rührer *R* in Bewegung gehalten wird, wird an einem in

$1/10^0$ geteilten Thermometer T abgelesen. Um eines besonderen Stativs zu entbehren, wird dieses Thermometer durch eine Schleife aus Messingdraht, deren Enden an zwei diametral gegenüberstehenden Punkten des oberen Kalorimeterrandes festgelötet sind, gehalten.

Als Luftmesser eignet sich gut ein Glasgasometer von 10 oder mehr Liter Inhalt; man eicht ihn nach Litern, indem man an die Außenwand einen langen vertikalen Papierstreifen klebt und durch Eingießen von je einem Liter Wasser Marken auf diesem Streifen festlegt. Durch Eingießen von Wasser in das Trichterrohr wird nun eine gleiche Menge Luft aus dem Gasometer verdrängt. Die Luft passiert, bevor sie in das Vorwärmgefäß eintritt, eine mit Chlorcalcium angefüllte Trockenröhre.

Bei meinen Versuchen habe ich mich in den meisten Fällen eines anderen Luftmessers bedient, der in Fig. 12 abgebildet ist. Zwei zylindrische Glasgefäße G_1 und G_2 von je $1/3$ l Inhalt, die auf einem vertikalen Brette montiert sind, stehen durch einen Gummischlauch S_1 miteinander in Verbindung. Der eine Zylinder G_1 ist mit Wasser gefüllt. Durch Heben und Senken desselben kann man das Wasser aus einem Gefäß durch den Schlauch in das andere treiben, wobei jedesmal ein ebenso großes Luftvolumen aus der oberen Ansatzröhre der Glasgefäße entweicht. Um diese Luft stets in derselben Richtung durch das Vorwärmgefäß zu schicken und neue Luft anzusaugen, dient der in Fig. 12 und 13 abgebildete Glashahn H . Er enthält zwei Bohrungen; durch die eine wird Luft aus dem Gefäßepaar gepreßt, durch die andere wird Luft angesogen. Hebt man den mit Wasser gefüllten, in der Fig. 12 unten befindlichen Zylinder G_1 in die Höhe, bis zu dem Brette V , so fließt das Wasser in das rechte Gefäß G_2 und verdrängt die Luft aus demselben; sie entweicht durch die Röhre a (Fig. 13a) und das Chlorcalciumrohr W in das Vorwärmgefäß und das Kalorimeter⁷ zugleich wird durch die Bohrung b Luft in den Zylinder G_1 gesogen. Ist alles Wasser in den Zylinder G_2 geflossen, so dreht man den Glashahn H links oder rechts herum

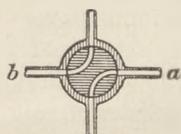


Fig. 13 a.

um 90^0 , wodurch seine Bohrungen in die durch Fig. 13b dargestellte Lage kommen. Nun senkt man den leeren Zylinder G_1 . Dann füllt er sich mit Wasser, wobei die Luft aus ihm durch die Röhre a in derselben Richtung wie vorhin getrieben wird, während durch die Röhre b neue Luft in den rechten Zylinder gesogen wird. Beim jedesmaligen

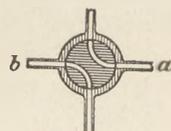


Fig. 13 b.

Heben oder Senken des Glaszylinders G_1 wird demnach ebensoviel Luft durch den Apparat geschickt, wie das Wasser in den Zylindern Volumen hat. Das Volumen der beim einmaligen Heben oder Senken durchgepreßten Luft läßt sich auch durch Auffangen derselben in einem Meßzylinder über der pneumatischen Wanne bestimmen.

Einen Versuch stellt man folgendermaßen an. Der Zinkbehälter des Vorwärmgefäßes wird mit siedendem Wasser gefüllt und durch den darunter befindlichen dreifachen Brenner im Kochen erhalten. Darauf wird das Kalorimetergefäß leer und mit Wasser gefüllt gewogen und auf das Ansatzrohr des Vorwärmgefäßes geschoben. Nun liest man während 6 Minuten etwa alle 2 Minuten an einem in $1/10^0$ eingeteilten Thermometer die Temperaturen des Kalorimeterwassers ab. Darauf schickt man Luft durch das Apparatsystem, wobei wiederum in regelmäßigen Intervallen von etwa 2 Minuten die Temperatur gemessen wird; zugleich zählt man die Anzahl der Hebungen und Senkungen des beweglichen Glaszylinders. Nachdem man mit dem Durchschicken der Luft aufgehört hat, beobachtet man wie zu Beginn des Versuchs in denselben Intervallen die Zunahme der Temperatur während 6 Minuten. Während des ganzen Versuchs ist durch fortwährendes Rühren dafür Sorge zu tragen, daß die Temperaturverteilung im Kalorimetergefäß gleichmäßig ist.

Die Resultate eines während des Unterrichts ausgeführten Versuchs mögen noch beigefügt werden. Das aus Messing bestehende Kalorimetergefäß wog leer 165 g,

mit Wasser gefüllt 305 g; hieraus findet man den gesamten Wasserwert des Kalorimeters zu 156 g. Der Zylinder wurde 28 mal gehoben und gesenkt; da bei einmaliger Bewegung 0,329 l durch den Apparat getrieben wurden, die herrschende Lufttemperatur 18° und der Luftdruck 76 cm betrug, so betrug das gesamte durchgepreßte Gasvolumen im Normalzustand $\frac{0,329 \cdot 28}{1,07}$ l, was ein Gewicht von $\frac{0,329 \cdot 28 \cdot 1,293}{1,07}$ g bedeutet.

Die Temperaturzunahme des Kalorimeters wird in ihrer Abhängigkeit von der Zeit durch die beistehende Tabelle bzw. durch die graphische Darstellung in Fig. 14

Zeit	Temperatur	Differenz
12 ^h 07 ^m	15,71 ^o	0,23 ^o
09	15,94	0,19
11	16,13	0,18
* 13	16,31	0,39
15	16,70	0,40
17	17,10	0,37
19	17,47	0,35
21	17,82	0,39
23	18,21	0,39
* 25	18,60	0,11
27	18,71	0,11
29	18,82	0,12
31	18,94	

angegeben. In der Zeit von 12^h 07^m bis 12^h 13^m und von 12^h 25^m bis 12^h 31^m hat die Temperatur des Kalorimeters sich nur infolge der Wärmeleitung und der Ein- bzw. Ausstrahlung von Wärme geändert; in der Zeit von 12^h 13^m bis 12^h 25^m hingegen auch durch die Abgabe von Wärme seitens der strömenden Luft. Die Temperaturzunahme des Kalorimeters in den ersten 6 Minuten ist pro Minute im Mittel $0,10^{\circ}$; dagegen in den letzten 6 Minuten pro Minute im Mittel $0,057^{\circ}$. Für die Zwischenzeit von 12^h 13^m bis 12^h 25^m habe ich als Temperaturzunahme infolge Leitung und Strahlung pro Minute das Gesamtmittel aus $0,10^{\circ}$ und $0,057^{\circ}$, d. h. $0,076^{\circ}$ genommen; während der ganzen 12 Minuten beträgt hiernach die Temperaturzunahme durch Leitung und Strahlung $0,912^{\circ}$. Da die gesamte Temperatur-

zunahme während dieser Zeit $18,60^{\circ} - 16,31^{\circ} = 2,29^{\circ}$ beträgt, so entfällt auf die Abgabe der Wärme seitens der strömenden Luft eine Temperaturzunahme von $2,29^{\circ} - 0,91^{\circ} = 1,38^{\circ}$. Die aufgenommene Wärme ist somit 1,38.156 Grammkalorien.

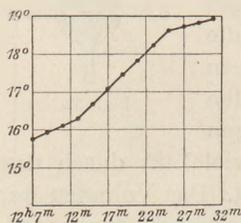


Fig. 14.

Um die von der Luft abgegebene Wärme zahlenmäßig auszudrücken, muß man ihre spezifische Wärme x mit ihren Gewichte und ihrer Temperaturerniedrigung multiplizieren. Die Anfangstemperatur der Luft wird gleich der Temperatur des Wassers im Vorwärmgefäß angenommen; sie betrug bei dem Versuch $97,5^{\circ}$; ihre Endtemperatur ist gleich dem Mittel aus $16,31^{\circ}$ und $18,60^{\circ}$, d. h. gleich $17,56^{\circ}$ zu setzen. Während nämlich bei der Mischungsmethode für feste und flüssige Körper die ganze Masse des erhitzten Körpers sich auf die Endtemperatur des Kalorimeterwassers abkühlt, ist bei diesem

Versuch die Temperatur der aus dem Kalorimeterrohr entweichenden Luft jeweilig gleich der während des Moments des Entweichens im Kalorimeter herrschenden Temperatur. Die von der Luft abgegebene Wärmemenge ist somit gleich $\frac{0,329 \cdot 28 \cdot 1,293}{1,07} \cdot (97,5 - 17,5) \cdot x$ Grammkalorien. Durch Gleichsetzung der abgegebenen

und der aufgenommenen Wärme erhält man für die spezifische Wärme der Luft den Wert

$$x = \frac{156 \cdot 1,38 \cdot 1,07}{0,329 \cdot 28 \cdot 1,293 \cdot 80} = 0,2417.$$

Sämtliche im vorstehenden beschriebenen Apparate werden von der Firma Leppin & Masche, Berlin SO., Engelufer 17, geliefert.

Über ein Unterrichtsmodell des periodischen Systems der Elemente.

Von

Prof. Dr. Ernst Beutel in Wien.

Die Verfolgung der Brownschen Molekularbewegung durch GOUY, FELIX EXNER und PERRIN, die Größenbestimmung von Goldteilchen mit 0,8 Millionstel mm Durchmesser durch ZSIGMONDY, die Zentrifugierung „echter“ Lösungen durch LOBRY DE BRUYN und CALCAR sowie die experimentelle Bestätigung der von EINSTEIN und SMOLUCHOVSKY auf molekular-theoretischer Grundlage aufgestellten Gesetze über die Diffusionsgeschwindigkeit kolloidaler Lösungen durch SVEDBERG haben die von OSTWALD und seiner Schule lange Zeit mit Recht abgelehnte alte Atomtheorie in ein ganz neues Licht gerückt, ja ihren endgültigen Sieg höchstwahrscheinlich gemacht. Die großartige Entwicklung der Elektronik hat uns ferner eine so bedeutsame Anschauung vom Baue der Atome selbst gewährt, daß die alte hypothetische Annahme, daß alle Materie von wenigen Bausteinen gebildet ist, deren Verband und Quantität allein die Art des Atoms bedingt, heute wieder in den Mittelpunkt des Interesses gerückt erscheint. Hiermit hat auch das periodische System der Elemente außerordentlich an Bedeutung gewonnen, ist die Grundlage der Deduktion der modernen Lehr- und Handbücher und das Punktum saliens des Unterrichtes in der anorganischen Chemie geworden. In dankenswerter Weise hat BRAUNER das periodische System für den Unterrichtsgebrauch in Form einer großen vorzüglichen Wandtafel¹⁾ herausgegeben; doch macht sich vielfach das Bedürfnis nach einer anschaulicheren Darstellung geltend, welche die Beziehungen der Elemente zueinander klarer und packender zum Ausdrucke bringt als dies eine flache Tafel tun kann. Gilt doch auch hier der Ausspruch LORD KELVINS: „Es scheint mir, daß der wahre Sinn der Frage, ob wir einen speziellen Gegenstand physikalisch verstehen oder nicht verstehen, der ist: können wir uns ein entsprechendes mechanisches Modell machen? Ich bin nie zufrieden, bis ich mir nicht ein Modell des Gegenstandes habe machen können; kann ich ein mechanisches Modell machen, so verstehe ich; solange ich mir kein mechanisches Modell machen kann, verstehe ich nicht.“ Von allen Vorschlägen, die Zeichen der Elemente räumlich anzuordnen, scheint mir nun der CROOKESSCHE, sie längs einer Lemniskatenspirale auf einem Doppelzylinder aneinander zu reihen, als der geeignetste, weil hierdurch das Mendelejewsche System in völlig ungezwungener Weise und in der von dem großen Forscher bis an sein Ende verteidigten Form zum Ausdrucke kommt. In einem in der „Royal Institution“ zu London am 18. Februar 1887 gehaltenen Vortrage sind die Keime zu diesem Vorschlage enthalten, indem die Elemente nach einem Entwurf von EMERSON REYNOLDS längs den Schwingungen eines Pendels angeordnet werden. In der von PREYER besorgten deutschen Ausgabe²⁾ findet sich in einem Zusatze des Herausgebers: „Das Schema des Stammbaumes der Elemente“ die Lemniskatenanordnung bereits mit dem Hinweise entwickelt, daß Crookes ein großes Modell anfertigen ließ, das sie zum Ausdrucke bringt. In einer schematischen Skizze findet sich diese Anordnung dargestellt, ohne daß auf die Ausführung des Modelles eingegangen wird.

Dem Schema selbst mangeln die damals bereits entdeckten Elemente Helium und Argon, deren Unterbringung im System solche Schwierigkeiten bereitete, daß Preyer an der elementaren Natur des letzteren zweifelte. Auch fehlen natürlicher-

¹⁾ „Das periodische System der Elemente von Mendelejew.“ Erklärende Einleitung für den Gebrauch der Wandtafel, herausgegeben von Prof. Dr. B. Brauner. Leipzig, S. Hirzel, 1910.

²⁾ Crookes, „Die Genesis der Elemente.“ Zweite deutsche Ausgabe von Preyer. Braunschweig 1895.

Für den Bau des Modelles (Fig. 1) genügen einige dünne Glasröhren, einige Windungen Draht, etwa hundert Korkstöpsel, etwas Kartonpapier, ein Brett und etwas Siegelack. Zunächst wird der Grundriß entworfen: auf einer Grundplatte von 1,2 m Länge und 0,5 m Breite werden, wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, zwei Kreise aufgetragen, die sich berühren und einen Durchmesser von 45 cm besitzen. Die Kreise werden vom Berührungspunkte 0 ausgehend in acht Teile geteilt, wodurch die Punkte +1 bis +7 und -1 bis -7 erhalten werden.

Nun wird an die Herstellung der Atomgewichtsmaßstäbe geschritten: auf ein starkes Zeichenblatt werden in Abständen von 4 zu 4 mm 250 parallele Linien von etwa 15 cm Länge gezogen, worauf das Papier senkrecht zur Lineatur in Streifen von 0,5 cm Breite geschnitten wird. Die hierdurch gewonnenen Skalen werden an den zehnten Teilstrichen beziffert und in 15 Glasröhren eingeführt, die ca. 1,1 m lang sind und ein Lumen von 5 mm besitzen. An den Enden dieser Röhren werden die Maßstäbe durch kleine Korke und mit etwas Siegelack befestigt.

Die auf diese Weise hergestellten Atomgewichtsmaßstäbe sind an den Punkten 0, +1 bis +7 und -1 bis -7 aufzustellen. Zu diesem Zwecke werden sie in zylindrische Basisstöpsel (3 cm Durchmesser, 3 cm Höhe) eingesetzt, die an den bezeichneten Punkten mit Leim oder Siegelack befestigt werden. (Vgl. Fig. 1.)

Das Modell ist nun zur Aufnahme der Atomzeichen bereit. Diese werden auf kreisförmige Kartonpapiervignetten geschrieben, die auf zylindrische Korke von 2,5 cm Durchmesser und 1,5 cm Höhe geklebt werden. Die Korke sind parallel zur Zylinderbasis durchbohrt und werden auf die Stäbe geschoben.

Der Stab 0 nimmt die Zeichen der Edelgase auf. Zunächst werden die zwei in diese Gruppe gehörenden, bisher noch unentdeckten Elemente durch leere Vignetten markiert und verbleiben am unteren Ende des Stabes vorläufig noch ohne Einstellung. Nun folgt das Zeichen des Xenons X, das seinem Atomgewichte⁴⁾ entsprechend bis zum Skalenstriche 129 geschoben wird. (Die Achse des Korkzylinders, der das Zeichen trägt, hat den Skalenstrich zu schneiden.) Dem Xenon folgt das Argon, das Neon und das Helium, deren Zeichen auf die Skalenstriche 39,5, 20 und 4 gestellt werden, womit der Stab 0 bis auf die Einstellung der Zeichen der beiden noch unentdeckten schwersten Elemente erledigt ist.

Auf den Stab +1, der die Zeichen der positiveren Untergruppe der ersten Gruppe der Elemente (der MENDELEJEFFSchen Einteilung genau folgend) aufzunehmen hat, schieben wir die mit *Li*, *K*, *Rb* und *Cs* bezeichneten Korkvignetten auf die Skalenpunkte 6,9, 38,8, 84,8, 131,8 und versehen ihn außerdem mit zwei vorläufig unbezeichneten Marken, deren Einstellung wir später zu besorgen haben.

Der Stab +2 hat die Zeichen der positiveren Untergruppe der zweiten Gruppe der Elemente zu tragen. Das Zeichen des schwersten Elementes dieser Gruppe, des Radiums, wird an den Punkt 224 geschoben. Ihm folgt eine leere, noch nicht einstellbare Vignette, worauf die Zeichen *Ba*, *Sr*, *Ca* und *Be* an den entsprechenden Punkten 136,3, 86,9, 39,8 und 9 eingestellt werden.

Der Stab +3 ist für die Aufnahme der positiveren Untergruppe der dritten Gruppe der Elemente bestimmt und trägt daher an den betreffenden Skalenstrichen

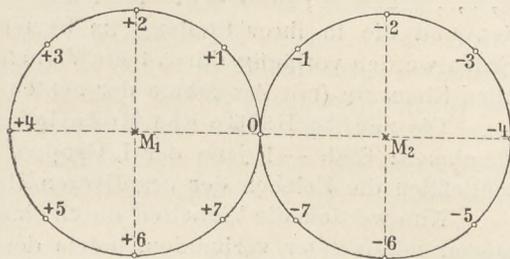


Fig. 2.
Schematischer Grundriß des Modelles.

⁴⁾ Die Atomgewichte sind auf $H = 1$ bezogen.

von oben nach unten die Zeichen *B*, *Sc*, *Y*, *La* und außerdem zwei leere Vignetten, die bisher noch unentdeckte Elemente markieren.

Die Stäbe +4 bis +7 tragen die Zeichen der positiveren Untergruppen der vierten bis siebenten Gruppe der Elemente an den ihren Atomgewichten entsprechenden Stellen, also Stab +4: die Zeichen *C*, *Ti*, *Zr*, *Ce* und *Th*; Stab +5: *N*, *V*, *Nb* und *Ta*; Stab +6: *O*, *Cr*, *Mo*, *W* und *U*; Stab +7: *F* und *Mn*. Die fehlenden und die in ihrer Stellung im System noch unsicheren Elemente der seltenen Erden werden vorläufig durch leere Vignetten markiert, worauf die Hälfte der Zeichen aller Elemente (mit Ausnahme der achten Gruppe) untergebracht ist.

Die rechte Hälfte des Modelles hat die negativeren Untergruppen aufzunehmen: Stab -1 jene der I. Gruppe, Stab -2 die der II. usf. Stab -7 trägt schließlich die Zeichen der negativeren Untergruppe der VII. Gruppe.

Nun werden die Vignetten durch einen Aluminiumdraht von ca. 2 mm Durchmesser miteinander verbunden, indem der Draht auf der Rückseite der Trägerkorke mit Reißnägeln oder geeigneten Drahtstiften befestigt wird. Von der Null-Linie (Symmetrieachse) beginnend, zieht der Draht vom *He* mit dem Atomgewichte 4 nach links zum *Li* (mit dem nächst höheren Atomgewichte 6,9) zum *B* (10,9) und *C* (11,9), wendet sich zur Symmetrieachse zurück und erreicht diese, nachdem er die Punkte *N*, *O* und *F* durchlaufen hat, im Punkte 20 (*Ne*). Von hier geht er auf die rechte Hälfte des Modelles über, durchläuft die Punkte *Na*, *Mg*, *Al*, *Si*, wendet sich und kehrt über *P*, *S* und *Cl* zur Null-Linie zurück, die er im Punkte 39 schneidet. Hierher setzen wir, die arithmetische Reihe der Atomgewichte durchbrechend, das Zeichen des Argons (Atomgewicht 39,6).

Nun ist eine aus zwei Hälften gebildete Schleife geformt, die ihre Fortsetzung nach rechts nimmt und über *K* (38,8), *Ca*, *Sc*, *Ti*, *V*, *Cr* zum *Mn* läuft. Die dritte eben gebildete Schleifenhälfte (*Ar*—*Mn*) liegt zur ersten (*He*—*F*) fast genau parallel, sie erreicht jedoch an ihrem Ende, die Null-Linie im Punkte 59 schneidend, im Gegensatz zu jener kein Edelgaszeichen.

In seinem weiteren Verlaufe zieht der Draht durch die Punkte *Cu*, *Zn*, *Ga*, *Ge* und gelangt am Ende der zweiten vollen Schleife auf der Null-Linie zum Punkte 82 mit dem Zeichen des Edelgases Krypton. Dieses steht auf der Symmetrieachse (Null-Linie) unterhalb des Argons (39,5). Der zwischen 39,5 und 82 liegende Schnittpunkt, der durch den Draht versinnbildlichten Kurve mit der Null-Linie, trägt, wie im vorigen Absatze erwähnt, kein Elementzeichen, die Kurve würde also hier ohne Übergang vom *Mn* (in der positiveren Untergruppe der VII. Gruppe) zum *Cu* (negativere Untergruppe der I. Gruppe) laufen, während sie weiter oben vom *Cl* (negativere Untergruppe der VII. Gruppe) zum *K* (in der positiveren Untergruppe der I. Gruppe) kommend, als Übergangselement das Zeichen des Edelgases *Ar* und weiter unten, wiederum von der negativeren Hälfte der VII. Gruppe (*Br*) zur positiveren Hälfte der I. Gruppe (*Rb*) laufend, das Zeichen des Edelgases Krypton passiert. Die erwähnte Lücke zwischen *Mn* und *Cu* läßt sich aber in trefflicher Weise durch die Zeichen der Elemente der VIII. Gruppe *Fe*, *Ni*, *Co* mit ihrer kolligativen Funktion ausfüllen. Die diese drei Zeichen tragenden Vignetten werden nicht auf Stäbe gesetzt, sondern mit Hilfe eines Einschnittes im Trägerkorke unmittelbar am Drahte befestigt. (In der Figur ist vom Atomzeichen *Co* der Buchstabe *C* verdeckt.)

Kehren wir zum Zeichen *Kr* zurück, bis zu welchem Punkte wir die zweite Drahtschleife geführt haben. Die dritte hier beginnende Schleife zieht über das *Rb*, *Sr*, *Y*, *Zr*, *Nb*, *Mo* (95,2) und über ein unbekanntes Element *a* zum Zeichen *Ag* (107). Sie schneidet den Stab +7 im Punkte 99,2, dem voraussichtlichen Atomgewichte dieses unbekanntes Elementes, auf welchem Punkte wir daher die Zylinderachse des Trägerkorkes des Zeichens *a* einzustellen haben. Die Null-Linie selbst wird im Punkte 103,2 geschnitten. Zwischen diesem und dem Punkte 107 (*Ag*) liegen, und

zwar auf der Kurve selbst, die Punkte 100,9, 102,1 und 105,9, die der zweiten Triade der VIII. Gruppe (*Ru, Rh, Pd*) entsprechen, deren Zeichen also hier zu befestigen sind.

Über die Zeichen *Cd, In, Sn, Sb* (119,3) trifft die Kurve den Stab — 6 ungefähr im Punkte 125. Dem Atomgewichte des Antimons folgt das des Jods (125,9), dessen Zeichen nun hierher zu stellen wäre, während das Zeichen des Tellurs (126,5) zu folgen hätte. Da nun aber das Tellur naturgemäß in dieselbe Gruppe wie der Schwefel und das Selen, und andererseits das Jod in die das Chlor und Brom enthaltende Gruppe gehört, unterbrechen wir hier, ähnlich wie im Falle *K—Ar*, ausnahmsweise die bisher eingehaltene Reihenfolge und setzen das Elementzeichen des Tellurs trotz der höheren Atomgewichtszahl vor das *J*. Wir sind dann genötigt, den Draht aus seiner stetigen Krümmung zu bringen. Spätere Atomgewichtsbestimmungen des Tellurs dürften diesen Knick möglicherweise ausgleichen⁵⁾.

Beim Zeichen *X* ist die dritte Schleife vollendet, worauf die Kurve über die Elementzeichen *Cs* und *Ba* zum Zeichen *La* und somit in das Gebiet der Metalle der seltenen Erden gelangt. Von ihnen hat man nur dem Lanthan und dem Cer in den positiveren Untergruppen der III. resp. IV. Gruppe einen sicheren Platz angewiesen, während die Stellung der übrigen noch so unsicher ist, daß sie häufig gänzlich außerhalb des Systems gestellt werden. Der Verfasser hat sie nach den aufsteigenden Atomgewichten geordnet und die mit den entsprechenden Zahlen versehenen Vignetten auf die entsprechenden Skalenpunkte jener Stäbe geschoben, die durch den Kurvenverlauf als ihre Träger bestimmt erscheinen. Stab + 5 trägt somit die Zahl 139,5 (*Pr*), Stab + 6 die Zahl 142,5 (*Nd*), Stab + 7 die Zahl 149,2 (*Sa*), Stab — 3 die Zahl 156 (*Gd*), Stab — 4 die Zahl 158 (*Tb*), Stab — 5 die Zahl 161 (*Dy*), Stab — 7 die Zahl 169,4 (*Tu*) und Stab + 1 die Zahl 171,8 (*Yb*).

Die Unsicherheit dieser Einreihung ist für den Unterricht dadurch zur Genüge angedeutet, daß die im übrigen bedeutend kleiner gewählten Vignetten nicht die Zeichen der Elemente selbst, sondern nur die Atomgewichtszahlen tragen. Zwischen 149,2 und 156 wurden auf den Stäben — 1 und — 2 zwei leere Plätze durch Vignetten mit den Zeichen *d* (153) und *e* (155) angeordnet.

Die Symmetrieachse wird von der Mitte der vierten Schleife im Punkte 151 geschnitten. Da, wie wir bei der zweiten und dritten Schleife gesehen haben, die Schleifenmitte dazu bestimmt erscheint, die Triaden der Elemente der VIII. Gruppe zu tragen, haben wir auch hier eine solche Triade zu erwarten. Als eines ihrer Glieder ist möglicherweise das Europium (*Eu*) mit dem Atomgewichte 150,1 anzusehen, dessen Atomgewichtszahl wir hierselbst vignettieren, während wir die beiden anderen Mitglieder dieser Triade mit *b* und *c* bezeichnen.

Das Ende der vierten Schleife trifft nach Passierung des Punktes 169,4 die Null-Linie im Punkte 171, woselbst die fünfte Schleife analog allen anderen mit einem Element der Null-Gruppe zu beginnen hat. Diesem bisher noch unentdeckten Element geben wir das Zeichen *g*.

Die fünfte Schleife schneidet zu Beginn ihres Verlaufes den Stab + 1 im Punkte 171,8, entsprechend dem Ytterbium und trifft als nächstes bekanntes Element das Tantal mit dem Atomgewicht 179,6 am Stabe — 5. Zwischen *Yb* und *Ta* haben wir drei unbekannte Elemente *h, i* und *k* mit den hypothetischen Atomgewichten 174, 177 und 178 zu markieren, worauf wir zu den Zeichen *Ta* und *W* und über ein weiteres unbekanntes Element *l* (mit dem hyp. Atomgewichte 187,5) in der Schleifenmitte zu der scharf definierten Triade *Os, Ir, Pt* und im weiteren Verlaufe der Kurve zu den wohlbekanntenen Elementen *Au, Hg, Tl, Pb* und *Bi* (206,5) gelangen. Nach

⁵⁾ Marckwald, Ber. der Deutschen Chem. Ges. 40, 4730—38, findet für Tellur $126,85 \pm 0,02$, also kleiner als Jod 126,92 (bezogen auf Sauerstoff).



Passierung zweier unbekannter Elemente m (209) und n (214) schneidet das Ende der fünften Schleife die Null-Linie im Punkte 218, den wir mit o vignettieren.

Die nun beginnende sechste Schleife enthält heute nur die drei radioaktiven Elemente Radium, Thorium und Uran, deren Zeichen sich auf den Stäben + 2, + 4 und + 6 befinden, und zwischen denen zwei unbekannte Elemente mit den hypothetischen Atomgewichten 228,5 und 233 durch die Zeichen q und r markiert werden. Vom U abwärts läuft die Kurve in ein völlig unbekanntes Gebiet.

Kehren wir vom tiefsten Punkte des Modelles zu unserem Ausgangspunkte He zurück, und verfolgen wir die Kurve nach oben, so treffen wir den Stab - 1 im Punkte 1 und haben hierher das Zeichen des Wasserstoffes zu stellen. Dieses Element bildet somit ein Glied der negativeren Untergruppe der VII. Gruppe Cl, Br, J , und wir haben hier die einzige Abweichung vom Mendelejew'schen System zu verzeichnen, das den Wasserstoff in die I. Gruppe der Elemente einreihet. Die Möglichkeit der Zuteilung des Wasserstoffes zur Halogengruppe wurde indes bereits von mehreren Forschern, namentlich von ORME MASSON, erörtert und verteidigt, während sie das moderne Handbuch der anorganischen Chemie von Abegg ablehnt. Wie diese Frage auch entschieden werden sollte, so ist hier doch auf die bereits von MENDELEJEFF aufgezeigte Tatsache hinzuweisen, daß sowohl der Wasserstoff als auch die ihm folgenden Elemente $Li, Be, B, C, N, O, F, Na$ und Mg ganz ausgesprochene Individualitäten besitzen, sich von den schwereren Mitgliedern ihrer Gruppen bedeutend unterscheiden und nicht in demselben Maße wie die übrigen Elemente Atomanaloge bilden. Um die besondere Stellung, die sie im System einnehmen, hervorzuheben, hat Mendelejew diese Elemente die typischen genannt, und wir können, um sie zu markieren, ihre Zeichen, dem Beispiele der BRAUNERSCHEN Tafel folgend, mit roter Farbe zeichnen. Schreiben wir in Verfolgung eines weiteren Vorschlages BRAUNERS die Zeichen der elektropositiveren Elemente mit blauer Tinte, so lehrt uns ein einziger Blick auf das Modell, daß seine ganze linke Hälfte elektropositiver ist als die rechte.

Eine eingehende Betrachtung der im vorliegenden Modelle getroffenen Anordnung sowie des Verlaufes der Lemniscatenspirale soll den Gegenstand einer weiteren Abhandlung bilden. Hier sei über diesen Verlauf nur folgendes erwähnt: Würden die Atomgewichte der aneinandergereihten Elemente stetig um einen konstanten Betrag zunehmen, so wäre er ein vollständig regelmäßiger, die Lemniscatenspirale ließe sich durch eine einfache Formel ausdrücken und würde, in eine Ebene aufgerollt, als gerade Linie erscheinen. Schon ein Blick auf das Modell lehrt uns jedoch, daß dies nicht der Fall ist: stellenweise verläuft die Kurve flach, an anderen Stellen zeigt sie einen stärkeren Abfall, und auch die Abstände der einzelnen Schleifen voneinander haben verschiedene Werte. Die Maschen des durch die Stäbe und den Draht gebildeten Netzes sind infolgedessen unregelmäßige Trapeze, die nicht kongruent sind. Entrollt man die Kurve auf ein Millimeterpapier, indem man die Atomgewichte, in Strecken ausgedrückt, als Ordinaten auf einer in gleiche Teile geteilte Abszissenachse aufträgt, so erhält man eine vielfach interferierte Wellenlinie, aus der man bei näherer Betrachtung wichtige Gesetzmäßigkeiten im Verlaufe der einzelnen Viertel und Hälften der Schleifenlinie des Modelles nach abwärts ableiten kann. Da dieser Verlauf ausschließlich durch die Differenzen der aufeinanderfolgenden Atomgewichtszahlen bedingt ist, kommt man am Schlusse der Untersuchung dieser Differenzen und ihrer Mittelwerte zu dem folgenden, für das Verständnis des inneren Zusammenhanges des periodischen Systems bedeutungsvollen Satze: Versinnbildlicht man die Atomgewichtszahlen aller im MENDELEJEFFSCHEN System liegenden Elemente durch Strecken, die man auf einen Strahl aufträgt, so erhält man das Bild einer unregelmäßigen Longitudinalwelle. Die Stellen größter Verdichtung der Hauptwelle liegen in der ersten kleinen und in der zweiten Hälfte

der dritten großen Periode. Auf dieser Hauptwelle liegt eine zweite, anfänglich 16, später durchschnittlich 18 Punkte umfassende Welle, mit der schließlich eine dritte 8 resp. 9 Punkte zählende Welle interferiert. Die Amplituden der Welle nehmen im allgemeinen von Serie zu Serie zu, wobei eine Serie sämtliche Elemente einer Schleife des vorliegenden Modelles umfaßt*).

Unterrichtsversuche zur Demonstration der Eigenschaften des Wechselstroms.

Von

Dr. Ad. Lindemann in Hamburg.

Die Gesetze, denen das Fließen des Wechselstroms unterliegt, sind erheblich verwickelter als die entsprechenden für den Gleichstrom. Bei letzterem bestimmen die aufgewandte E.M.K. und der Widerstand durch das Ohmsche und Joulesche Gesetz sowohl Stromstärke als auch Stromarbeit. Der Wechselstrom ist außer von diesen Faktoren auch von der Selbstinduktion und der Kapazität des Stromkreises abhängig, die oft in höherem Grade als der Ohmsche Widerstand die Stromstärke beeinflussen. Aber auch wenn letztere gegeben, ist eine Berücksichtigung der „Phasenverschiebung“ nötig, um die Arbeit bzw. Leistung des Stromes zu bestimmen.

Ein Einblick in diese Verhältnisse ist von großem Vorteil sowohl für ein tieferes Eindringen in die Wechselstromtechnik als auch besonders als Grundlage für die Versuche mit elektrischen Schwingungen. Nichtsdestoweniger werden sie im Unterricht der höheren Schulen wenig behandelt. Man pflegt sich hier in der Regel auf eine Besprechung der Wechselstromgeneratoren und -motoren zu beschränken. Allenfalls zeigt man noch, daß der Wechselstrom sich transformieren läßt. Es liegt dies einerseits daran, daß eine auch für quantitative Untersuchungen ausreichende Klärlegung der genannten Erscheinungen nur mit Hilfe der Differentialrechnung möglich ist. Sobald diese aber so weit gefördert ist, daß sie mit Erfolg auf derartige Probleme angewandt werden könnte, pflegt es an Zeit zu fehlen. Andererseits erfordern die üblichen Messungen an Wechselströmen kostspielige Apparate, wie Dynamometer u. dgl., die sonst wenig im Unterricht Verwendung finden können, weshalb man sie lieber nicht anschafft.

Im folgenden ist versucht worden, die wichtigsten Eigenschaften des Wechselstroms mit einem möglichst geringen Aufwand an Apparaten und ohne Verwendung der Differentialrechnung klarzulegen. Die Versuche sind den Verhältnissen angepaßt, wie sie vorliegen, wo Gleichstrom einer Zentrale zur Verfügung steht, der durch Umformung in Wechselstrom umgewandelt wird. Für direkt von der Zentrale gelieferten Wechselstrom eignen sie sich nur zum Teil.

Als Umformer benütze ich einen sogenannten Einanker-Umformer, wie er in vielen physikalischen Kabinetten vorhanden. Man kann bekanntlich von einem Gleichstrommotor mit Grammeschem Ring einphasigen wie auch dreiphasigen Wechsel-

*) *Anm. der Redaktion.* Das interessante Unterrichtsmodell, das sich auch vortrefflich für eine chemische Schülerarbeit (ausgeführt von einer Gruppe von Schülern) eignet, birgt allerdings gegenüber der üblichen flächenhaften Darstellung den Übelstand, daß zusammengehörige Elemente wie C_1 und F , O und S räumlich getrennt sind. Da indessen dieser Übelstand dadurch gemildert wird, daß diese Elemente, nur durch das Vorzeichen getrennt, in gewissem Sinne symmetrischen Stäben angehören, so wollten wir das Modell wegen seiner sonstigen Vorzüge der Anordnung unsern Lesern nicht vorenthalten.

strom abnehmen, indem man außer dem gewöhnlichen Kollektor weitere, nicht unterteilte Schleifringe anbringt, die man mit bestimmten festen Punkten des Ringes verbindet. Nimmt man von zwei gegenüberliegenden Punkten des Ringes den Strom ab, so bekommt man einphasigen, verbindet man drei ein gleichseitiges Dreieck bildende Punkte mit drei Schleifringen, so kann man dreiphasigen Strom abnehmen. Diese Einanker-Umformer haben für experimentelle Zwecke Vorteile vor eigentlichen Wechselstrommaschinen: sie bedürfen keiner besonderen Antriebsmaschine, sind infolgedessen leicht in Betrieb zu setzen, die Wechselstromspannung läßt sich aus der aufgewandten Gleichstromspannung finden (s. u.), so daß ein Wechselstromvoltmeter entbehrt werden kann, und endlich läßt sich durch Vorschalten von Widerstand leicht die Tourenzahl der Maschine, also auch die Periodenzahl des Stromes regulieren, was für einige Versuche von Vorteil. Überdies läßt sich die Maschine auch als Gleichstrommotor und -dynamo verwenden, so daß sie einer sehr vielseitigen Verwendung im Unterricht fähig ist.

Um die Konstruktion der technischen Wechselstrommaschinen klarzulegen, kann man den Feldmagneten mit Gleichstrom speisen, den Grammeschen Ring durch irgendeine Kraftquelle drehen und aus ihm Wechselstrom entnehmen. Man braucht sich dann nur den Ring außen feststehend, den Feldmagneten innen rotierend zu denken, um die Anlage jener Maschinen zu verstehen.

Der von mir benutzte Umformer der Firma RUHSTRAT-Göttingen hat den Vorzug, leicht transportabel und verhältnismäßig wohlfeil zu sein. Man kann demselben bei 78 Volt ca. 200 Watt Wechselstrom entnehmen, was für die meisten Zwecke genügt. Die Maschine wird auf besondere Bestellung mit 4 Schleifringen versehen, so daß man sowohl gewöhnlichen Wechselstrom als auch Drehstrom abnehmen kann. Sie ist nicht mit Grammeschem Ring, sondern mit Trommelanker versehen, was prinzipiell dasselbe ist, da man sich ja den Trommelanker aus dem Grammeschen Ring entstanden denken kann, indem man die einzelnen Windungen des letzteren um einen Eisenkern legt und entsprechend verbindet. Der gelieferte Strom hat normal 50 Perioden pro Sekunde, wie er in der Technik meistens verwendet wird, so daß technische Meßinstrumente, die meist auf diese Periodenzahl geeicht, ohne weiteres verwendbar sind. Die genannte Firma liefert auch einen dem Umformer angepaßten kleinen Transformator mit zwei Sekundärwicklungen, die den Strom auf 10 bzw. 4 Volt heruntertransformieren. Die 4 Volt-Wicklung reicht aus, einen 1 mm starken Eisendraht durchzubrennen, bei einem Aufwand von ca. 1,5 Amp. im Primärkreise. Der Transformator läßt sich auch anderweitig verwenden. So kann man z. B. mit seiner Hilfe die beim Schließen und Öffnen von Gleichstrom entstehenden Induktionsstöße durch das Aufleuchten kleiner Glühlampen demonstrieren, die man an die 78 Volt-Wicklung anschließt, während man einen stärkeren Strom durch eine der anderen Wicklungen sendet. Auch die infolge von Selbstinduktion auftretenden Ströme („Extrastrome“) lassen sich auf dieselbe Weise zeigen. Hierbei ist es zweckmäßig, die drei Wicklungen zu einer zu verbinden.

Überträgt man den Begriff der Stromstärke, wie er vom Gleichstrom bekannt, auf den Wechselstrom, so erhält man den „Momentanwert der Stromstärke“, der mit i bezeichnet werden möge. Dieser schwankt, wie die theoretische Betrachtung eines im Magnetfelde rotierenden Drahtrechtecks oder besser ein Versuch mit der BRAUNSCHE Röhre zeigt, annähernd nach dem Sinusgesetz, so daß, wenn i_0 der Maximalwert der Stromstärke und n die Zahl der Perioden in der Sekunde, $i = i_0 \sin 2\pi n t$. Praktisch gebraucht wird als Maß der Stromstärke ihr „Effektivwert“ J , ein Mittelwert, den man den Schülern recht anschaulich definieren kann als „Angabe eines beliebigen, mit Gleichstrom geeichten Hitzdrahtinstrumentes“. Da die Wärmeentwicklung in jedem Augenblick proportional $i^2 w$, w aber konstant ist, so folgt daraus, daß das Quadrat von J der Mittelwert aller Momentanwerte der Größe i^2 ist. Dieser Mittelwert wird

in der Regel in der Weise aus i_0 berechnet, daß man zunächst, wie angegeben, das Mittel nimmt für zwei Momentanwerte $i_0 \sin \alpha$ und $i_0 \sin (90^\circ - \alpha)$. Es ergibt sich:

$$J^2 = \frac{1}{2} (i_0^2 \sin^2 \alpha + i_0^2 \sin^2 [90^\circ - \alpha]) = \frac{i_0^2}{2}, \quad \text{so daß} \quad J = \frac{i_0}{\sqrt{2}}.$$

An der Hand der Sinuskurve sieht man leicht, wie man in derselben Weise alle möglichen Momentanwerte kombinieren kann, so daß das berechnete Mittel den wirklichen Effektivwert darstellt. Soll für einen induktionsfreien Leiter das Ohmsche Gesetz erhalten bleiben, so muß in derselben Weise die effektive E.M.K., E des Wechselstroms, definiert werden. Bei einem Einanker-Umformer herrscht nun die maximale E.M.K. e_0 dann im Wechselstromkreise, wenn der Gleichstrom direkt von den Zuleitungsbürsten zu den Abnahmestellen für Wechselstrom hinüberfließt; e_0 ist also gleich der angelegten Gleichstromspannung. Dividiert man diese daher durch $\sqrt{2}$, so erhält man die Effektivspannung des gelieferten Wechselstroms.

In der Praxis werden statt der Hitzdraht-instrumente vielfach Weicheiseninstrumente verwandt, die im einfachsten Falle in der Weise wirken, daß ein Draht von Weicheisen in eine Spule gezogen wird. Auch diese liefern einen quadratischen Mittelwert, da die Magnetisierung des Drahtes für den Meßbereich nahezu proportional der Stromstärke und der so gebildete Magnet mit einer Kraft in die Spule gezogen wird, die wiederum proportional der Stromstärke ist¹⁾.

Wie außerordentlich praktisch die Einführung der effektiven Stromstärke und Spannung für die Technik ist, erhellt beispielsweise daraus, daß bei Verwendung derselben die Spannungsbezeichnung auf den Glühlampen, die Stromstärkebezeichnung auf den Schmelzsicherungen sowie die Vorschriften für die Dicke der Leitungsdrähte dieselben sein können für Gleich- und Wechselstrom, was nicht der Fall sein würde, wenn man statt der Effektivwerte etwa die Maximalwerte oder einen auf andere Weise berechneten Mittelwert eingeführt hätte.

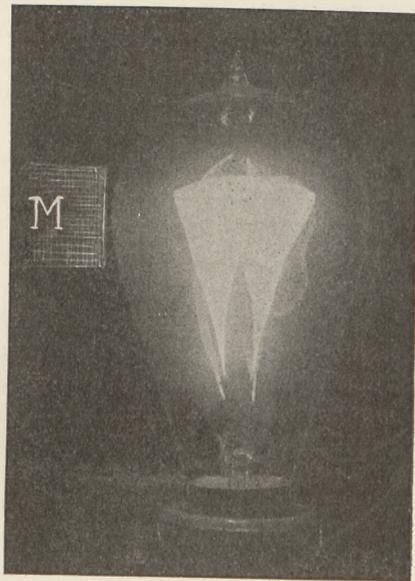


Fig. 1.

Der Unterschied zwischen Gleich- und Wechselstrom läßt sich — wie vielleicht noch nicht hinreichend bekannt ist — recht drastisch mit Hilfe einer Glühlampe zeigen. Nähert man einer mit Gleichstrom betriebenen Lampe einen Magneten, so kann man beobachten, wie der als Stromspule wirkende Faden angezogen bzw. abgestoßen wird. Wird die Lampe von Wechselstrom durchflossen, so gerät der Faden in lebhaftes Schwingen (Fig. 1). Sucht man die Lampe passend aus und stimmt den Strom, indem man Widerstand vor die Maschine legt, auf die Schwingungsdauer des Fadens ab, so kann man erreichen, daß der Faden bis fast an die Wandungen des Glases schwingt. Der Versuch läßt sich natürlich auch in der Weise umkehren, daß man Gleichstrom durch die Lampe sendet und die Ablenkung durch eine wechselstromdurchflossene Spule mit unterteiltem Eisenkern bewirkt.

Um zu zeigen, daß der Wechselstrom im Gegensatz zum Gleichstrom dauernd Induktionswirkungen ausübt, läßt sich natürlich der erwähnte Transformator ver-

¹⁾ Das kleine Weicheiseninstrument der Firma Gans & Goldschmidt-Berlin mit einem Meßbereich von $\frac{1}{2}$ —5 Amp. — auch für Gleichstrom verwendbar — reicht für die folgenden Versuche aus (M 22,—).

wenden. Aber auch schon bei Benutzung ungeschlossener Felder bekommt man kräftige Wirkungen. Sehr übersichtlich ist die folgende Anordnung: Man leitet den Wechselstrom unter Vorschaltung eines Regulierwiderstandes in eine Magnetisierungsspule, etwa eine solche, wie sie zum Hineinziehen eines Eisenkernes üblich ist. In diese steckt man einen unterteilten Eisenkern, den man aus geglühtem Eisendraht leicht selbst herstellen kann. Man nimmt diesen so lang, daß er noch ein gutes Stück aus der Spule hervorragt. Über dieses Ende schiebt man eine zweite Spule, an die man eine kleine Glühlampe anschließt. Bei Verwendung einer Spule von 250 Windungen bei $0,6 \Omega$ Widerstand konnte ich so eine 22 Volt-Lampe bequem zum Leuchten bringen. Funkeninduktoren sind zur Demonstration der Induktionswirkung wenig geeignet. Man bekommt im Verhältnis zum Betriebe mit Gleichstrom nur geringe Spannungen.

Der Unterschied zwischen Ohmschem und Wechselstromwiderstand tritt sehr schön zutage, wenn man die erwähnte Magnetisierungsspule von ca. $\frac{1}{2} \Omega$ Widerstand direkt mit der 4 Volt-Wicklung des Transformators verbindet. Es fließt so ein Strom von 3,2 Amp., der bei Einführung eines unterteilten Eisenkernes auf 0,4 Amp., beim Einführen eines massiven auf 0,75 Amp. zurückgeht. Zeigt man die Erscheinung ohne Verwendung des Transformators mit Hilfe einer Spule von mehr Windungen und größerem Widerstand, so ist die Wirkung nicht so überraschend, da der Unterschied um so größer ist, je kleiner der Ohmsche Widerstand der Spule. Die technische Wichtigkeit der gefundenen Widerstandsvergrößerung läßt sich z. B. dadurch erläutern, daß man zeigt, daß die Primärspule des Transformators — bei offener Sekundärspule — von nur etwa 1 Amp. durchflossen wird, trotzdem sie nur etwa 1Ω Widerstand hat und 78 Volt unmittelbar daran gelegt sind. Auch die Verwendung der „Drossel­spulen“ gehört hierher.

Der experimentelle Nachweis der Tatsache, daß der Wechselstrom auch „un­geschlossen“ fließt, wenn man nämlich eine Kapazität einschaltet, begegnet bei einem Strom von 50 Perioden Schwierigkeiten wegen der erforderlichen großen Kapazitäten. Empfehlenswert sind für solche Versuche die kleinen von der Firma Mix und Genest in den Handel gebrachten Kapazitäten²⁾, von denen man mehrere zusammenschaltet. Bei 8–10 Mikrofarad kann man bereits einen kleinen Ausschlag des Amperemeters beobachten, den Öffnungsfunken auch bei kleineren Kapazitäten.

Über den Energieverbrauch des Wechselstroms kann man mit einer für den Unterricht ausreichenden Genauigkeit auf folgende Weise Messungen anstellen: Man macht 3 Versuche: 1. Man läßt die Maschine leer laufen. 2. Man verbindet die Ab­nahmestellen für Wechselstrom mit einer Spule mit Selbstinduktion — beispielsweise der Primärspule des Transformators — unter Einschaltung eines Wechselstromampere­meters. 3. Man leitet den Wechselstrom durch einen induktionsfreien Widerstand und reguliert diesen so, daß dieselbe Stromstärke hindurchfließt wie beim Versuch 2. Bei allen drei Versuchen soll die Maschine mit derselben Tourenzahl laufen, also dieselbe Reibungsarbeit leisten. Dies ist annähernd erfüllt, wenn man durch vorgeschalteten Widerstand die an die Maschine gelegte Spannung konstant hält, beispielsweise auf 100 Volt. Die Wechselstromspannung kann dann nach dem oben auseinandergesetzten als 70 Volt angenommen werden. Bei den einzelnen Versuchen liest man den erforderlichen Aufwand an Gleichstrom ab. Die Resultate einer solchen Versuchsreihe waren:

	Aufwand an Gleichstrom			Wechselstrom		
	Volt	Ampere	Watt	Volt	Ampere	Volt \times Ampere
1	100	0,77	77			
2	100	0,99	99	70	1,03	72
3	100	1,48	148	70	1,03	72

²⁾ Pro Stück à 2 Mikrofarad M 2,—.

Man sieht, daß bei Einschaltung eines induktionsfreien Widerstandes die für den Wechselstrom erforderliche Leistung: $148 - 77 = 71$ Watt annähernd durch Multiplikation der Effektivwerte von Spannung und Stärke des Wechselstroms wiedergefunden werden kann. Bei Versuch 2) sind jedoch nur 22 Watt aufgewandt, während das Produkt EJ wiederum 72 ergibt. Es geht daraus hervor, daß dieses Produkt bei Anwesenheit von Selbstinduktion nicht ohne weiteres als Maß für die in der Sekunde verbrauchte Energie bzw. die Leistung des Stromes angesehen werden kann.

Dieses merkwürdige Resultat findet bekanntlich seine Erklärung durch die auftretende Phasenverschiebung. Man zeigt diese gewöhnlich mit Hilfe des Oszillographen oder der Braunschen Röhre. Beide verlangen einen ziemlich komplizierten Aufbau, zudem sind die Bilder der letzteren schlecht für ein ganzes Auditorium sichtbar.

Recht gut gelingt die Demonstration der Phasenverschiebung mit dem im folgenden beschriebenen Apparate des Verfassers³⁾, der den Vorzug hat, so einfach zu sein, daß man ihn selber anfertigen kann. Er hat allerdings den Nachteil, daß er nur für Wechselstromquellen mit regulierbarer Periode verwendbar. Auch kann man ihn nicht wie die beiden genannten Apparate zur Demonstration von Stromkurven verwenden, da er Wechselströme beliebiger Kurvenform als sinusförmig wiedergeben würde.

Auf die Pole eines Elektromagneten (Fig. 2 und 3) sind als Polschuhe zwei 3 mm starke, rechtwinklig gebogene Platten von Eisenblech gesetzt, die in der Mitte quadratische Öffnungen tragen und so gleichzeitig als Blenden dienen. An die eine Platte ist ein Brett geschraubt, das zwei Klemmvorrichtungen für zwei senkrecht

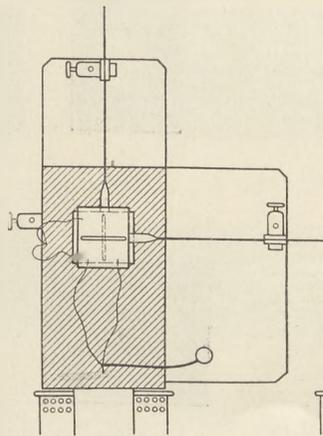


Fig. 2.

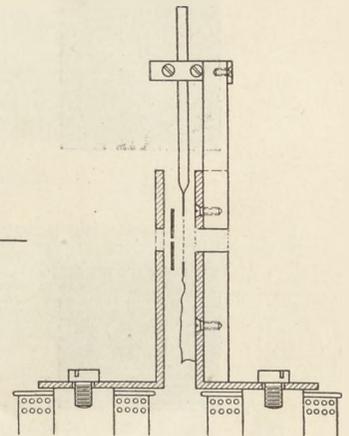


Fig. 3.

zueinander stehende Messingfedern trägt. Die 52 mm langen, 3,5 mm breiten und 0,5 mm dicken Federn sind vorne mit Hilfe von zwei Flachzangen um 90° eingedreht und tragen einen angelöteten Ansatz von Schablonenblech, in das in der Federrichtung ein Spalt geschnitten. Von den Blechansätzen führt ein Lamettafaden zu einer Klemmschraube. Besser verwendet man zwei Fäden, da man so 3—4 Amp. durch die Vorrichtung senden kann. Sendet man Strom durch die Federn während das Feld erregt ist, so werden diese wie jeder stromdurchflossene Leiter senkrecht zu den Kraftlinien aus dem Felde herausgedrängt. Beim Hindurchsenden von Wechselstrom geschieht dies abwechselnd nach der einen und der anderen Seite, so daß die Federn in Schwingungen geraten. Um eine klare Erscheinung zu erhalten und auch schon bei geringen Stromstärken ein Ansprechen zu bekommen, ist es nötig, die Federn auf die mittlere Periode der Maschine abzustimmen. Das geschieht am besten, indem man einen Schraubkloben an der Maschine befestigt und in diesen die Federn einspannt. Hat man die richtige Länge gefunden, so bewirkt die mechanische Erschütterung durch den umlaufenden Anker, daß die Federn kräftige Resonanzschwingungen ausführen. Auf diese Weise kann man die Federn abstimmen, ehe der übrige Apparat angefertigt ist, so daß man die Dimensionen des Brettes und der

³⁾ vgl. Physikalische Zeitschrift 13, S. 449, 1912.

Klemmvorrichtungen danach wählen kann. Die feinere Abgleichung der Federn auf dieselbe Schwingungsdauer ist dadurch möglich, daß man die eine Feder etwas verstellt, bis die beim Anschlagen der beiden Federn vom Kreuzungspunkt der beiden Spalte beschriebene Lissajoussche Figur stehen bleibt. Am besten stimmt man auf 40—45 Perioden ab, die man auch bei stark belasteter Maschine immer einregulieren kann.

Den Kreuzungspunkt der beiden Spalte beleuchtet man durch eine kleine Bogenlampe und entwirft von ihm ein beliebig vergrößertes Bild. Der entstehende quadratische Fleck zieht sich in ein Lichtband auseinander, wenn man durch eine der Federn bei erregtem Feld Wechselstrom von der richtigen Periode sendet. Läßt man die Lichtstrahlen vor ihrer Vereinigung auf dem Projektionschirm an einem bewegten Spiegel reflektieren, so löst sich das Lichtband in eine Sinuskurve auf. Fließt Wechselstrom durch beide Federn, so entstehen Lissajoussche Figuren, aus denen in bekannter Weise auf die vorhandene Phasendifferenz geschlossen werden kann. Die Fig. 4—9 sind photographische Aufnahmen solcher Schwingungsfiguren. Fig. 4 wurde



Fig. 4.



Fig. 6.



Fig. 8.

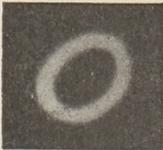


Fig. 5.

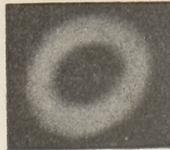


Fig. 7.



Fig. 9.

erhalten durch zwei Ströme von 0,5 Amp., beide induktionsfrei (durch Glühlampen) reguliert, Fig. 5 durch zwei Ströme von etwa 1 Amp., von denen der eine die Primärspule des erwähnten Transformators durchfloß. Es zeigt sich, daß die Phasen der beiden Ströme um etwas weniger als 90° gegeneinander verschoben sind. Fig. 6 ist erhalten durch den Entladungstrom einer Kapazität von 3 Mikروفarad und einen passenden induktionsfrei regulierten Strom. Bei größeren Kapazitäten wird auch die Schwingungsfigur größer — Fig. 7. Der Apparat arbeitet, wie Fig. 6 zeigt, schon bei sehr schwachen Strömen, doch ist es günstiger, wenn man Ströme von $\frac{1}{2}$ —1 Amp. nimmt und dafür nicht völlig auf Resonanz abgleicht; die Figuren werden dann ruhiger.

Der Befund der Fig. 5 zeigt, daß beim Einschalten einer Selbstinduktion sich die Phase des Stromes gegen die der angelegten E. M. K. verschiebt. Das ist leicht erklärlich, wenn man beispielsweise an die beim Funkeninduktor auftretenden Vorgänge denkt, wo die Selbstinduktion bewirkt, daß bei Stromschluß der Strom erst allmählich zu seiner vollen Stärke anwächst, und daß nach Öffnung des angelegten Stromes noch ein Strom gleicher Richtung aus der Spule in den Kondensator fließt. Dieselbe Überlegung zeigt auch, daß in dem obigen Falle ein Teil des Stromes gar nicht von der Maschine geliefert wird, sondern von der Selbstinduktionsspule zur Maschine zurückfließt. Am klarsten tritt das in dem idealen, in der Wirklichkeit nur annähernd erreichbaren Falle in Erscheinung, wo die Phasendifferenz gerade 90°

beträgt. Hier fließt immer in einer Viertelperiode ein Strom, welcher in der Richtung der von der Maschine gelieferten E.M.K. entspricht, in der folgenden jedoch ein Strom, der dieser entgegengesetzt ist, also nicht aus der Maschine Energie entnimmt, sondern Energie in dieselbe zurücksendet. Da, wie an der Hand der Kurven erkennbar, in jeder Viertelperiode dieselben Momentanwerte des Produkts ei wiederkehren, nur mit entgegengesetztem Vorzeichen, so ist die hineingesandte Energie gleich der herausgenommenen — wir haben den „wattlosen Strom“ oder „Leerstrom“ vor uns.

Beträgt die Phasendifferenz nicht 90° , sondern $\pm \varphi$, so ist, wenn die E. M. K. $e = e_0 \sin 2\pi nt$, $i = i_0 \sin(2\pi nt \pm \varphi) = i_0 \cos \varphi \cdot \sin 2\pi nt \pm i_0 \sin \varphi \cos 2\pi nt$. Das heißt aber, daß man diesen Strom stets als Überlagerung von 2 Strömen auffassen kann. Der zweite ist, da in dem Gliede mit t der Cosinus auftritt, ein Leerstrom, der erste ist mit der E.M.K. in Phase und hat die Maximalstärke $i_0 \cos \varphi$. Für einen solchen Strom erhält man, wie aus dem oben beschriebenen Versuch 3) folgt, den Energieverbrauch pro sec. durch Multiplikation der Effektivwerte E und J . Diese sind hier E und $J \cos \varphi$, woraus sich der Wattverbrauch des betrachteten Wechselstroms zu $EJ \cos \varphi$ ergibt. Für den Versuch 2) läßt sich hiernach angenähert der



Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.

Phasenwinkel berechnen; es ist $72 \cos \varphi = 22$, woraus für φ rund 72° folgt. Ein ähnlicher Wert folgt aus Fig. 5. Für gleiche Amplituden der beiden Schwingungen ist nämlich, wie hier nicht näher ausgeführt werden kann, $\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$ gleich dem Achsenverhältnis der Ellipse. Es ergibt sich $\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{8,6}{11,4}$, $\varphi = 74^\circ$.

Der beschriebene Apparat läßt sich noch zur Demonstration mancher anderen Erscheinungen verwenden. So zeigen die beiden auf dieselbe Platte genommenen Aufnahmen Fig. 8 und 9, von denen Fig. 8 im wesentlichen mit Fig. 5 identisch ist, während bei Fig. 9 aus der Sekundärspule des Transformators Strom entnommen wurde, die für die Theorie des Transformators wichtige Tatsache, daß bei offener Sekundärspule derselbe nahezu von einem Leerstrom durchflossen wird, während bei Entnahme von Strom sich der Strom der Primärspule der E.M.K. in der Phase nähert, so daß ein merklicher Energieverbrauch stattfindet.

Die Fig. 6 und 7 zeigen, daß auch eine Kapazität die Phase des Stroms gegen die E.M.K. verschiebt. Durch ein einfaches Mittel läßt sich zeigen, daß sie hier in entgegengesetzter Richtung verschoben wird, als bei Einschaltung einer Selbstinduktion. Wenn man nämlich wieder die Lichtstrahlen vor ihrer Vereinigung auf dem Projektionsschirm von einem in der Hand — immer in derselben Richtung — bewegten Spiegel reflektieren läßt, so erblickt man an der Zimmerdecke Kurven wie die in Fig. 10—13 dargestellten. Die Spitzen bzw. Schleifen der entstehenden Zykloiden sind die Stellen, wo die Geschwindigkeit des Lichtflecks der Spiegelgeschwindigkeit entgegengesetzt ist. Diese befinden sich bei Fig. 10 und 11, welche durch Einschalten

einer Selbstinduktion in den Stromkreis der einen Feder erhalten sind, unten, in den Fig. 12 und 13, wo eine Kapazität im Stromkreise lag, oben. Der Lichtfleck rotiert also in dem ersten Falle in entgegengesetzter Richtung als im zweiten. Die Figuren sind nicht durch Verwendung eines Spiegels, sondern durch Aufnahme mit bewegter Kamera erhalten.

Die Phasenverschiebung durch Selbstinduktion kann man auf folgende einfache Weise zur Erzeugung eines Drehfeldes benutzen: Man schickt (Fig. 14), eventuell unter

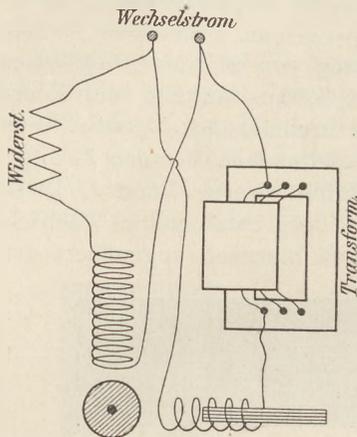


Fig. 14.

Vorschaltung eines Widerstandes, Wechselstrom durch eine Spule mit vielen Windungen dünnen Drahtes ohne Eisenkern (Sekundärspule für die gewöhnlichen Induktionsversuche), so daß $\frac{1}{2}$ —1 Amp. hindurchfließen. Parallel dazu schaltet man in einen Stromkreis die Primärspule des Transformators oder eine andere größere Selbstinduktion und eine Spule mit verhältnismäßig wenigen Windungen, in die man einen unterteilten Eisenkern steckt. Durch Herausziehen des letzteren kann man die Felder gegeneinander abgleichen. Die Spulen legt man rechtwinklig zueinander auf den Tisch. Dazwischen kommt eine runde Scheibe von weichem Eisenblech, die mit Hilfe eines in eine zentrale Durchbohrung gekitteten Glashütchens auf eine Nadel gesetzt wird. Sind die Felder richtig abgeglichen, so fängt die Scheibe an, infolge der Hysterese des Eisens lebhaft zu rotieren. Beim Um-

kehren eines der Ströme oder einer der Spulen rotiert die Scheibe in entgegengesetzter Richtung. Durch aufgeklebte Papierfahnen läßt sich die Bewegung weithin sichtbar machen. Die Rotation einer Magnetnadel im Drehfeld zu zeigen, gelingt viel schwerer. Da das Feld entsprechend der Periode des Stromes in der Sekunde 50mal umläuft, vermag die Nadel nicht so schnell zu folgen und wird eventuell fortwährend ummagnetisiert.

Der letztgenannte Versuch bildet einen guten Übergang zur Erzeugung des Drehfeldes durch Drehstrom und zur Konstruktion der Drehstrommotoren.

Die Verwendung des Le Chatelier-Pyrometers beim Unterrichte.

Von

Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H.

Das Le Chateliersche Thermoelement aus Reinplatin und zehnpromzentigem Platinrhodium hat in Technik und Wissenschaft zur Bestimmung hoher Temperaturen eine solche Bedeutung erlangt, daß es im höheren Unterrichte nicht nur erwähnt, sondern auch verwendet werden sollte. Deshalb habe ich für Schulzwecke eine Sonderausführung dieses Instrumentes durch die Firma Heraeus zu Hanau bewerkstelligt, die sich vor der Klasse und im Laboratorium so bewährt hat, daß eine Beschreibung an dieser Stelle willkommen sein dürfte.

Der Aufbau des Thermoelementes ist aus Fig. 1 ersichtlich. Es wird durch die 0,2 mm dicken, 35 cm langen Drähte *AA* und *BB* gebildet, die unten in einem winzigen Kügelchen zusammengeschmolzen sind. Die Drähte stecken in Quarzglaskapillaren *CC* und diese in einem 30 cm langem Schutzrohr aus Nickel *D* von 8 mm Dicke und 1 mm Wandstärke. Die Drahtschleife überragt die Kapillaren um 1 cm, welche

ihreseite ebensoviel aus dem Schutzrohr hervorragen. Das untere Ende des Schutzrohres ist auf 4 cm leicht abgesetzt zum Aufschieben einer 7 cm langen unten geschlossenen nahtlosen Hülse aus Reinnickel *E*. Das obere Ende des Rohres trägt einen kurzen Messingzylinder *F* mit Porzellankopf *G* und Anschlußklemme *H* nach der erprobten Heraeus-Konstruktion. Die thermoelektrische Kraft in Millivolt der von Heraeus stets in gleicher Beschaffenheit zu beziehenden Drähte entspricht nach den Prüfungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt der nachstehenden Tabelle und erleidet auch durch dauernden Gebrauch keine Veränderung.

<i>t</i> =	20	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
<i>e</i> =	0	2,19	3,13	4,10	5,11	6,15	7,22	8,32	9,46	10,64	11,84	13,08	14,36	15,66	17,00

Zum Ablesen der Spannungen und Temperaturen sind für technische Zwecke besondere Millivoltmeter eingeführt, die, abgesehen von ihrem hohen Preise, wegen der Kleinheit der Skalen und Zeiger selbstverständlich für Demonstrationen vor einer größeren Zuhörerschaft nicht geeignet sind. In dieser Hinsicht können nur Lichtzeigergalvanometer in Frage kommen. Wo solche nebst dem nötigen Zubehör für Demonstrationen vorhanden sind, wird man leicht die passende Zusammenstellung treffen können, um mittels des Le Chatelier-Elements hohe Temperaturen weithin sichtbar messen zu können.

Ich benutzte das in dieser Zeitschrift *XXII, 1* von mir beschriebene einfache Lichtzeigergalvanometer, an dessen beiderseits bis zu 50 reichenden Skale die Lichtmarke von der ganzen Klasse bis auf $\frac{1}{10}$ Skalenteil genau abgelesen werden kann, bei ganz schwacher Abdunklung des Lehrzimmers. Es kommt der a. a. O. beschriebene Multiplikator von 250 Windungen mit 7,6 Ohm Widerstand zur Verwendung. Aus gleich zu erörternden Gründen mußten aber größere Vorschaltwiderstände zugeschaltet und die Empfindlichkeit mittels des Richtmagneten entsprechend erhöht werden. Für den Richtmagneten — 25 : 2 : 0,3 cm — ist inzwischen ein besonderer auf der Galvanometerbank sicher gleitender Schlitten vorgesehen worden, dessen Stellung an dem Millimetermaßstab auf der Bankkante abgesehen werden kann. Wenn demnach eine bestimmte Empfindlichkeit einmal herausgebracht worden, so kann sie später immer sofort wieder hergestellt werden. Auf dem Schlitten ist für die Feineinstellung der Lichtmarke auf den Nullpunkt noch ein drehbarer kleiner Magnet in Gestalt einer magnetisierten Nähnadel angeordnet. Diese ganze Einrichtung hat sich als bequem und zweckmäßig erwiesen. — Eine zweckmäßige Empfindlichkeit ergibt sich nun, wenn 10 Millivolt den Ausschlag 26,0 hervorbringen; dann gehört zu 1600° der Ausschlag 44,3, je 100 Graden entsprechen 2,4—3,6 Skalenteile, und 0,1 Skalenteil 4—3 Graden, was die Genauigkeitsgrenze für die Ablesung aus 5 m Abstand bezeichnet. Eine solche Zustellung des Galvanometers geschieht leicht und hinreichend genau mittels eines großplattigen Akkumulators, dessen E. K., wenn sie nach dem Aufladen stationär geworden, sehr konstant 1,97 Volt beträgt. Bringt man also den Widerstand des ganzen Stromkreises auf 19,7 Ohm und zweigt von einem mit eingeschalteten 0,1 Ohmstück zum Galvanometer ab, so liegt dies an 10 Millivolt. Schließlich bringt man die Lichtmarke durch Verschiebung des Richtmagneten auf den Skalenstrich 26. —

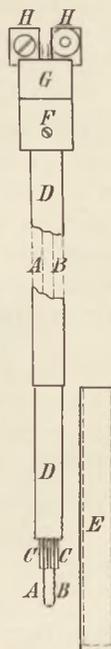


Fig. 1.

Es bedarf nun noch einer hinreichend groß und deutlich gezeichneten in der Klasse aufzuhängenden Temperaturkurve, die als Abszisse die Skalenteile, d. h. die mit 2,6 multiplizierten Millivoltziffern der obigen Tabelle enthält, und als Ordinaten die zugehörigen Temperaturen. Auch kann eine besondere Temperaturskala angefertigt werden: Bei 100 cm Skalenabstand müssen deren Striche liegen wie folgt:

<i>t</i> =	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
<i>a</i> =	5,7	8,1	10,7	13,4	16,2	19,0	21,9	25,0	28,3	31,6	34,9	38,5	42,4	46,5

Diese Skala ist hinsichtlich der Winkelverdoppelung korrigiert. (Man vergleiche diese Zeitschr. 22, S. 5.) Es bleibt nun zu überlegen, wie groß der Widerstand im Galvanometerkreis sein muß, damit die thermische Widerstandszunahme der Drähte des Thermoelements keinen störenden Fehler veranlaßt. Unser Thermoelement hat bei 20° einen inneren Widerstand von 3,35 Ohm, oder 1 cm Doppeldraht 0,096 Ohm. Der Temperaturkoeffizient des Reinplatin ist $3,9 \cdot 10^{-3}$, der des Platinrhodiums $1,7 \cdot 10^{-3}$, mithin für den Doppeldraht $2,8 \cdot 10^{-3}$. Demnach würde sich der Widerstand eines Zentimeters für je 358 Grade um 0,096 Ohm vermehren. Das bedeutet bei 100 Ohm ein zuwenig von, rund 1 Promille, entsprechend 0,36 Grad. Für n mal 358° würden $n^2 \cdot 0,36$ Grade zu wenig angezeigt. Das macht für 1600° 7,1 Grade. Für 1400° 5,45, für 1200° 4,0, für 900° 2,2°. Diese Fehler sind zu vernachlässigen, überdies unterhalb 1000° an der Galvanometerskala aus der Ferne nicht mehr beobachtbar. Nun ist aber die Hauptverwendung des Instruments im Unterricht die Bestimmung der Temperaturen von Flammen und heißer Gasströme. Zu dem Zweck wird die freie Lötstelle in die Flamme gebracht, wobei von der Drahtschleife in der Regel nicht mehr als 1 cm auf hohe Temperatur kommt.

Demgegenüber muß bei Schmelzpunktsbestimmungen oder zur Feststellung der Glühgrade die Nickelhülse aufgesteckt bleiben. Sie wird dann auf 4–5 cm die zu bestimmende Temperatur annehmen. Außerdem wird durch Leitung noch ein Stück des Rohrs erhitzt. Um einen sicheren Anhalt zu gewinnen, habe ich den Zuwachs des Widerstands nach der Brückenmethode direkt gemessen, welcher eintrat, wenn das Hülsenende 4 cm lang in einem kräftigen Brenner auf Rotglut gehalten wurde, die einer Temperatur von 900° entspricht. Es ergaben sich Zunahmen von 0,9–1,0 Ohm, also von ungefähr 0,9 %, was einer Korrektur von + 8 Grad entspricht. Hiernach würde sich folgende Korrektortabelle ergeben:

600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
+ 4	5	6,5	8	10	12	14	16	19

Als bei einem andern Versuche 6 cm auf Hellrot gebracht wurden, vermehrte sich der Widerstand um 1,43 Ohm.

Darnach ist es möglich, den fraglichen Fehler bis auf eine zu vernachlässigende Größe zu korrigieren. —

Die Schüler müssen selbstverständlich auf das Bestehen jenes Fehlers und seine ungefähre Größe hingewiesen werden. Die Hauptsache ist, experimentell festzustellen, daß das Instrument richtig zeigt. Zunächst geschieht das mit dem Temperaturpunkt 100°, dem gemäß der Eichkurve 0,7 Millivolt, also am Galvanometer 1,6 entspricht. Man läßt einen kräftigen Strahl Wasserdampf aus einem 8 mm weiten Rohr blasen und bringt die Lötstelle mitten in die Mündung. Die Lichtmarke geht sofort auf 1,6. Als höherer Festpunkt ist die Temperatur des erstarrenden Zinks (419°) wegen der hohen Schmelzwärme (27) dieses Metalls besonders gut zu bestimmen. Man schmilzt etwa 600 g in einem 100 ccm fassenden Tontiegel und treibt die Temperatur erheblich über den Schmelzpunkt. Nun taucht man das senkrecht eingespannte, mit der Schutzhülse versehene Thermoelement 4 cm tief ein. Die Lichtmarke des Galvanometers wird schnell über 9 hinausgehen, langsam bis 8,6 zurückweichen und dort längere Zeit fest verbleiben, bis völlige Erstarrung eingetreten. Um das Instrument wieder frei zu erhalten, richtet man die Flamme einer Gebläselampe waagrecht gegen den Tiegelboden, bis das Metall wieder flüssig geworden, wobei sich der Haltpunkt 8,6 wieder zeigt, wenn auch weniger scharf wie beim Erstarren. Nachher wird die abgezogene Hülse erhitzt und von anhaftendem Zink mittels eines Asbestbausches befreit. Sollte sie sich verzinkt zeigen, so wird sie durch Eintauchen in verdünnte Salzsäure und Abbürsten leicht gereinigt. Es braucht kaum gesagt zu werden, daß die Platindrähte durchaus nicht mit Zink oder einem andern Metall im

heißen Zustände in Berührung kommen dürfen. Der Tiegel mit dem Metall wird aufbewahrt und kann wiederholt verwendet werden.

Diese Feststellungen sollen zeigen, wie es möglich ist, mit der beschriebenen Apparatzusammenstellung hohe Temperaturen bis 1600° genau zu bestimmen. Indessen ist es für Unterrichtszwecke belanglos, ob Glühtemperaturen absolut genommen um 18 Grade zu hoch oder zu niedrig angezeigt werden. Deshalb bringe ich den Widerstand des Stromkreises für gewöhnlich nicht auf 100 Ohm, sondern auf etwa 25 Ohm. Die dabei vorzuschaltenden 15 Ohm befinden sich in Gestalt eines 2 m langen, 0,3 mm dicken Manganindrahts auf einem kleinen Röllchen mit Anschlußklemme, welches auf der Schutzröhre des Thermoelements dicht unterhalb des Kopfes festgekeilt wird. Die Empfindlichkeit braucht dann nur wenig über die natürliche gesteigert zu werden, so daß sich die Nadel fast augenblicklich einstellt und allen Temperaturschwankungen schnell folgt, was gerade die interessantesten Beobachtungen ermöglicht und das Experimentieren ungemein beschleunigt.

Auch die Regelung der Galvanometerempfindlichkeit kann sehr einfach und hinreichend genau bewerkstelligt werden, wenn man die Temperatur in der Spitze einer Bunsenflamme als Festpunkt nimmt. Es ist dazu ein gewöhnlicher Bunsenbrenner mit Hülse, Stern und Schornstein erforderlich. Wenn die Flamme mit innerem, hellblauen Kegel rauschend brennt, herrscht an ihrer Spitze im Punkte *A* Fig. 2 eine Temperatur von 1420° ; verringert man den Luftzutritt, bis die Flamme gerade gleichmäßig violett erscheint, so sinkt die Temperatur in *A* auf 1390 . Die zugehörigen Galvanometerausschläge sind 38,0 und 37,0. Selbst bei monatelang auseinanderliegenden Beobachtungen ergaben sich für unser Brandenburger Leuchtgas die nämlichen Werte. Ob die Flamme voll brennt oder durch Zudrehen des Gashahns auf halbe Höhe gebracht wird, ist gleichgültig. Man hat also weiter nichts nötig, als vor der jedesmaligen Ingangsetzung des Apparats die Lötstelle in den heißesten Punkt der Bunsenflamme zu bringen und den erfolgenden Galvanometerausschlag durch Verschiebung des Schlittens mit dem Richtmagneten auf 38,0 bzw. auf 37,0 zu stellen. Es genügen 5 Minuten, um den ganzen Apparat aus der Sammlung zu holen und betriebsfähig zu machen; der Abbau ist noch schneller erledigt.

Den Beschluß dieser Mitteilungen mögen noch einige Andeutungen über die Verwendbarkeit des beschriebenen Instruments machen. Daß ein so handliches Thermoelement auch im Laboratorium und bei Forscherarbeiten gute Verwendung finden kann, bedarf hier keiner langen Erörterung. Uns interessiert es heute als ein neues Hilfsmittel des Experimentalunterrichts. In dieser Hinsicht ist die Schilderung und Vorführung der thermoelektrischen Pyrometrie schon an sich lehrreich genug. Das Hauptinteresse aber bieten einige vor den Schülern schnell sichtbar werdende Flammentemperaturen. Vorzüglich eignet sich dabei unser Bunsenbrenner. Wir geben zunächst so starken Luftzutritt, daß die Flamme rauscht und den hellblauen inneren Kegel erhält. Führt man nun die Lötstelle des horizontal eingespannten Thermoelements der Reihe nach zu den Punkten *A*, *B*, *C*, *D*, *E* (Fig. 2), so zeigt das Galvanometer sofort die Temperaturen 1420 , 1420 , 1360 , 1320 , 170 . Verringert man den Luftzutritt, bis der innere Kegel soeben verschwunden ist und die ganze Flamme gleichmäßig violett aussieht, so ergeben sich in denselben Punkten

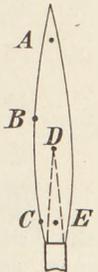


Fig. 2.

Man hat bei Bestimmung der Randtemperatur die Schleife des Thermoelements nicht radial, sondern tangential in den Flammenmantel einzuführen, damit nicht nur die Lötstelle, sondern auch noch einige Millimeter Draht auf die volle Temperaturhöhe kommen; andernfalls würde der Draht wärmeableitend wirken. Aus ähnlichem Grunde muß bei der Bestimmung der Temperatur im kalten Innern die Lötstelle über die Mitte der Flamme hinaus dem gegenüberliegenden Rande möglichst nahe-

gebracht werden, damit eine Strecke kalten Drahtes zwischen ihr und dem im Rande glühenden Drahtstück liegt. Ich hatte wegen dieses Umstandes schon daran gedacht, statt 0,2 mm-Draht halb so dicken zu verwenden; dann aber würden sich die aus der thermischen Widerstandszunahme entspringenden Fehler vervierfachen. Wenn man aber geeignete hochempfindliche Spiegelgalvanometer, denen Tausende von Ohm vorzuschalten sind, zur Verfügung hat, wäre mit Rücksicht auf die Flammenuntersuchung allerfeinster Draht gewiß empfehlenswert.

Den Beobachtungen an der Bunsenflamme folgen einige Versuche mit der Gebläselampe. Es zeigt sich, daß die Besenflamme 1510° heiß ist, die Stichtflamme sogar bis gegen 1600° .

Eine Alkoholflamme zeigte an der heißesten Stelle 1280° , eine Schwefelflamme nur 1050° .

Die ganze Reihe der vorstehenden Bestimmungen von Flammentemperaturen läßt sich binnen 15 Minuten erledigen, was vom lehrtechnischen Standpunkt aus sehr erfreulich ist.

Eine andere Gruppe wichtiger pyrometrischer Beobachtungen betrifft die Glühgrade. Man verwendet dabei das Thermoelement mit aufgesteckter Nickelhülse. Diese wird in horizontaler Lage mittels Bunsenbrenner oder Gebläselampe auf einen bestimmten Grad des Glühens gebracht und darauf kurze Zeit festgehalten. Bei stark verdunkeltem Zimmer wird bei 570° der Beginn des Glühens wahrgenommen. Bei 700° glüht die Hülse allen Schülern sichtbar dunkelrot; bei 860° rot, bei 1000° hellrot, bei 1200° leuchtend gelb. Höhere Glühgrade erzeugt man nicht an der Hülse, sondern an einem aufgeschobenen Zylinder aus zusammengerolltem dünnen Platinblech.

Das Erweichen gewöhnlichen Glases erfolgt bei 630° . Dies zu zeigen, wird statt der Hülse ein gleichweites Glasrohr aufgeschoben und erhitzt, bis es zusammensinkt.

Interessant sind auch die Temperaturverhältnisse der von Flammen aufsteigenden Gasströme. An der Zylindermündung eines gewöhnlichen Auerbrenners fand sich eine Höchsttemperatur von 910 ; der heißeste Punkt liegt aber wohl stets infolge der unzentrischen Strumpflage nicht in der Mitte. Nach Fortnahme des Strumpfes zeigte die nämliche Lampe am Zylinderausgang 1110° . Eine Petroleumlampe von 14 mm Dochtdurchmesser gab an der Zylindermündung mitten 840° , am Rande 480 , 5 cm höher herrschte noch eine Höchsttemperatur von 710 , 10 cm höher 660° . —

Der Preis des beschriebenen Thermoelements stellt sich auf 40 M.

Ein handliches Mikromanometer.

Von

Dr. K. Schreber in Greifswald.

Bei sehr vielen Aufgaben der Physik, namentlich bei denen, welche jetzt durch die Entwicklung der Luftverkehrsmittel große Bedeutung gewonnen haben, bedarf man sehr empfindlicher Manometer. Nach dem Prinzip der Manometer mit zwei Flüssigkeiten habe ich mir Mikromanometer hergestellt, welche mit großer Empfindlichkeit sehr leichte Ablesbarkeit und bequemes Aufstellen verbinden. Da sie außerdem auch noch recht billig sind, so sollen sie im nachfolgenden beschrieben werden.

In ein weithalsiges Einmacheglas wurde ein ebenfalls weites Reagensglas gestellt, welches ein wenig kürzer war als jenes (s. Fig.). Die Hälse müssen so bemessen sein, daß durch den Ringraum bequem zwei Röhren bis tief in die Gefäße gesteckt werden können. Geschlossen werden beide Gläser durch einen Doppelkork, den man sich herstellt, indem man den für das Reagensglas passenden an dem für das Einmache-

glas passenden gut befestigt. Er wird viermal durchbohrt; zwei Durchbohrungen gehen durch beide Korke in das Reagensglas, die anderen beiden durch den einfachen Kork in den Ringraum zwischen beiden Gläsern. Natürlich ist es nicht nötig, daß die vier Durchbohrungen in einer Ebene liegen.

Nun biegt man sich ein möglichst langes U-Rohr und steckt den einen Schenkel durch beide Korke, so daß er im Reagensglas endet; den anderen dagegen durch den einfachen Kork, so daß also durch das U-Rohr eine Verbindung zwischen beiden Gläsern hergestellt wird. In die anderen beiden Durchbohrungen steckt man einfach kurze Glasröhren. Es ist vorteilhaft, die Biegung des U-Rohres recht scharf zu nehmen, damit beide Schenkel dicht beieinander liegen. Die Durchbohrungen des Korkes muß man natürlich nach der Biegung des U-Rohres einrichten, um dessen Schenkel hindurchstecken zu können. Man darf sich dabei allerdings ziemlich weitgehend auf die Biegsamkeit des Glases verlassen.

Beide Gefäße und das U-Rohr werden mit Flüssigkeiten von nahezu gleichem spezifischen Gewicht so gefüllt, daß die Berührungsfläche der Flüssigkeiten im U-Rohr liegt.

Bezeichnen wir das spezifische Gewicht der Flüssigkeit im Reagensglase mit s_i , das derjenigen im äußeren Gefäß mit s_a , wobei wir zunächst annehmen wollen, daß $s_i > s_a$; ferner mit h , η_i und η_a die vertikale Entfernung der Trennungsfläche im U-Rohr und der freien Oberflächen in den beiden Gefäßen von einem beliebigen so tief gelegenen Niveau, daß alle drei Größen positiv sind, und schließlich mit r , r_i und r_a die Radien des U-Rohres und der beiden Gefäße, dann bekommen wir einen Ausdruck zur Beurteilung der Empfindlichkeit auf folgende Weise.

Befindet sich die gemeinschaftliche Trennungsfläche beider Flüssigkeiten in dem Schenkel des U-Rohres, welcher in das innere Gefäß taucht, so muß, wenn auf beiden freien Flächen der Atmosphärendruck ruht, die Flüssigkeit im inneren Gefäß höher stehen als im äußeren, und man erhält

$$0 = h(s_i - s_a) - \eta_i s_i + \eta_a s_a.$$

Lastet auf der freien Oberfläche des inneren Gefäßes der schwache Überdruck p , so sind die Einstellungen der Flächen bezogen auf dasselbe Nullniveau h' , η'_i , η'_a , und man erhält

$$p = h'(s_i - s_a) - \eta'_i s_i + \eta'_a s_a.$$

Durch Subtraktion beider Gleichungen ergibt sich

$$p = \Delta h(s_i - s_a) - \Delta \eta_i s_i + \Delta \eta_a s_a.$$

Die drei Verschiebungen Δh , $\Delta \eta_i$ und $\Delta \eta_a$ sind nun durch die Bedingung miteinander verknüpft, daß durch den Druck p eine bestimmte Flüssigkeitsmenge aus dem inneren Gefäß durch das U-Rohr in das äußere gepreßt worden ist. Dadurch erhält man

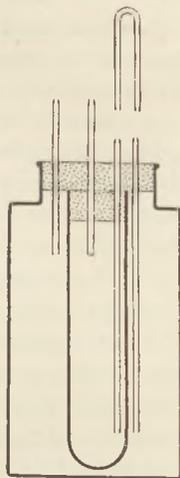
$$\Delta \eta_i = -\Delta h \frac{r^2}{r_i^2} \quad \text{und} \quad \Delta \eta_a = +\Delta h \frac{r^2}{r_a^2 - r_i^2}.$$

Setzt man das ein, so findet man

$$p = \Delta h \left(s_i - s_a + \frac{r^2}{r_i^2} s_i + \frac{r^2}{r_a^2 - r_i^2} \cdot s_a \right)$$

oder

$$p = \Delta h \left(s_i - s_a + \frac{r^2}{r_i^2} s_i \left[1 + \frac{r_i^2}{r_a^2 - r_i^2} \frac{s_a}{s_i} \right] \right).$$



Aus dieser Form erkennt man, daß der vorteilhafteste Wert für den Radius des inneren Gefäßes gegeben ist durch die Bedingung

$$\frac{s_i}{s_a} = \frac{r_1^4}{(r_a^2 - r_1^2)^2};$$

in Worten: die freien Oberflächen im inneren Gefäß und im Ringraum müssen nahezu gleich sein.

Setzt man das ein und nimmt für das von den Radien abhängige Glied $s_i = s_a$ an, so erhält man:

$$p = Ah \left(s_i - s_a + \frac{r^2}{r_1^2} 2s_i \right).$$

Man muß also, um große Empfindlichkeit zu erzielen, nicht nur $s_i - s_a$ klein machen, sondern auch r/r_1 . Aus Rücksicht auf die Reibung darf man r nicht zu klein wählen; man wird also suchen, möglichst weite Gefäße zu nehmen.

Man wird gut tun, diese Formel nur zu benutzen, um die günstigsten Bedingungen kennen zu lernen, die wirkliche Empfindlichkeit aber nachher empirisch zu bestimmen mit Hilfe eines Wassermanometers, das man mit einem empfindlichen Kathetometer oder Mikroskop abliest. Die Formel gibt nur eine Annäherung, weil das Volumen des in Flüssigkeit tauchenden Glases nicht berücksichtigt ist.

Die Flüssigkeiten, welche man benutzen will, müssen nahezu gleiches spezifisches Gewicht haben, sie dürfen sich gegenseitig nicht beeinflussen, sie müssen eine scharfe Trennungsfläche bilden, Glas nahezu gleich stark benetzen und bei Zimmertemperatur einen schwachen Dampfdruck haben. Ich habe mich schließlich für Azetessigester und Kochsalzlösung entschieden. Bei dieser Auswahl hat mich mein Kollege Prof. Strecker vom chemischen Laboratorium in dankenswertester Weise unterstützt. Der Ester löst sich etwas in der Kochsalzlösung; nachher besitzen aber beide eine scharfe Trennungsfläche wie Äther und Wasser. Beide Flüssigkeiten besitzen ein sehr verschiedenes Lichtbrechungsvermögen, so daß man die Trennungsfläche leicht erkennen kann, obgleich beide wasserklar sind. Für Vortragszwecke empfiehlt es sich, den Ester mit Höchster Pigmentrot (diazotiertem p-Nitranilin gekuppelt mit β -Naphthol), zu färben.

Um das lange U-Rohr vollständig zu füllen, bin ich folgendermaßen vorgegangen. Nachdem ich die Röhren durch den Doppelkork gesteckt, in das Reagensglas die passende Menge Azetessigester und in das Einmacheglas Kochsalzlösung gegeben hatte, füllte ich das U-Rohr in umgekehrter Stellung vollständig mit der Kochsalzlösung und preßte dann über den äußeren Schenkel einen kleinen Korkhut, den ich mir herstellte, indem ich aus einer Korkscheibe von vielleicht 6÷8 mm Dicke mit dem passenden Korkbohr eine Vertiefung von 3÷4 mm heraushob. Dieser Korkhut muß von außen straff an das Rohr anschließen und vollständig mit der Kochsalzlösung durchtränkt sein. Beim Aufsetzen muß man darauf achten, daß man keine Luftblase abschließt; ist es doch geschehen, so muß man sie durch den anderen Schenkel entfernen. Ist durch den Hut der eine Schenkel verschlossen, so darf man das U-Rohr hinreichend weit umdrehen, um das innere Gefäß über seinen Kork schieben zu können, ohne daß Luft eintritt. Dann darf man das U-Rohr vollständig aufrecht stellen und den Doppelkork auf das Einmacheglas, zunächst lose, aufsetzen. In diesem muß soviel Kochsalzlösung sein, daß der Korkhut schon jetzt untertaucht. Nachdem man das in das innere Gefäß führende Rohr durch einen Gummischlauch mit Quetscher abgeschlossen hat, wird der Hut mit einem dünnen Stab von seinem Rohr herunter gestoßen, ohne daß dieses aus der Kochsalzlösung herauskommt, und nun der Kork fest eingedrückt.

Da die spezifischen Gewichte beider Flüssigkeiten nahezu gleich sind, so müssen ihre freien Oberflächen nahezu in eine Ebene fallen. Das kann man natürlich nicht von vornherein gut treffen. Es ist vorteilhaft im äußeren Gefäß zuerst zu wenig

Flüssigkeit zu haben. Dann tritt, sobald man den Quetscher öffnet, Flüssigkeit aus dem inneren in das äußere Gefäß über, indem die Trennungsfäche im U-Rohr hoch steigt. Steigt sie zu hoch, so muß man mit Hilfe eines engen Rohres, welches ohne anzuliegen durch das im Kork sitzende hindurchgeht, Kochsalzlösung nachfüllen, bis die Trennungsfäche bei geöffnetem Quetscher in passender Höhe stehen bleibt. War von Anfang an zuviel im äußeren Gefäß, so muß man, ehe man den Quetscher öffnet, mit Hilfe desselben engen Rohres den Überfluß herausheben.

Ein hinter das U-Rohr befestigter Papiermaßstab vervollständigt das Mikromanometer. Es genügt zu einer Aufstellung vollkommen, wenn man sich durch den Augenschein überzeugt, ob das lange Rohr vertikal steht. Ich habe mir schließlich drei solcher Manometer angefertigt; das eine gibt bei einem Druck von 1 mm Wassersäule einen Ausschlag von 20 mm, das zweite von 70 mm und das dritte von 230 mm.

Im Anschluß hieran möchte ich noch bemerken, daß man im U-Rohr sehr interessante Erscheinungen der Tropfenbildung beobachten kann. Bewegt sich die Trennungsfäche sehr schnell, so bleibt an der Wand eine dünne Schicht der Flüssigkeit haften, welche soeben noch die Stelle einnahm. Es bildet sich um die eine Flüssigkeit ein dünnes Rohr der anderen. Durch die Oberflächenspannung zieht dieses sich zu einem Wulst zusammen, der sich nach seiner Flüssigkeit hin bewegt, unter Umständen aber auch so dick wird, daß er von der anderen einen Tropfen abschnürt. Durch passendes Abwechseln von schnellem oder langsamem Heben oder Senken der Trennungsfäche kann man den Tropfen ebenso wieder mit seiner Flüssigkeit vereinigen wie man ihn hat entstehen lassen. Sehr schön zu beobachten ist, wie die mit einem endlichen Winkel das Glas berührende Trennungsfäche jenem Wulst folgt: Der Krümmungsmittelpunkt der Trennungsfäche liegt im Ester.

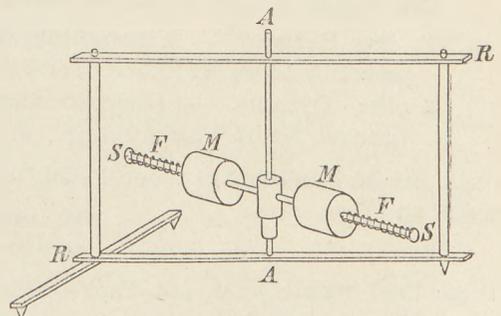
Kleine Mitteilungen.

Ein Apparat zur Demonstration des Flächensatzes.¹⁾

Von Dr. O. Bartenstein in Coburg.

Da meines Wissens in den Katalogen der Mechaniker ein Apparat zur Demonstration des Flächensatzes der Mechanik nicht aufgeführt ist, so dürfte folgender kurze Hinweis von Interesse sein:

In einem Metallrahmen RR drehen sich mit möglichst geringer Reibung zwei Massen MM , die sich leicht auf dem Stab SS horizontal verschieben lassen. Zwei Federn FF drücken die beiden Massen entgegen der Zentrifugalkraft nach der Achse AA . Die Massen werden zunächst nach außen geschoben und durch eine einfache Arretiervorrichtung im Innern des Stabes SS in ihrer Lage festgehalten. Ist der bewegliche Teil in langsame Rotation versetzt, dann löst man durch einen kurzen Druck auf die Achse die Arretierung: die Massen schnellen nach der Mitte, und entsprechend dem Flächensatz erfolgt jetzt die Rotation bedeutend rascher. Durch bloßes Umstellen der Federn läßt sich der Versuch leicht im umgekehrten Sinne anstellen.



Der Apparat ist nach meinen Angaben vom Mechaniker Hundt in Bamberg sehr sauber ausgeführt worden. Der Preis betrug 40 M.

¹⁾ Man vgl. hierzu den einfachen Freihandversuch bei Hahn I, Nr. 364.

Weiteres zur Verwendung des Fahrrades im Physikunterricht.

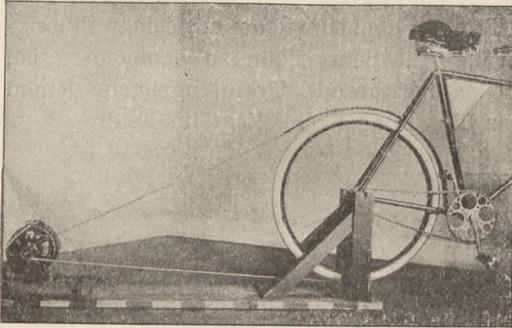
Von **W. Weber** in Limburg a. d. Lahn.

Recht vorteilhaft läßt sich das Fahrrad zum Antrieb einer kleinen Dynamomaschine, wie sie in den Lehrmittelsammlungen vorhanden zu sein pflegen, verwenden.

Zu diesem Zweck baut man aus Holz in einfacher Weise einen Bock (s. Fig.), der gut versteift, in ein entsprechend langes Grundbrett eingezapft wird. Der Bock erhält oben einen Einschnitt, in dem die Hinterachse des Fahrrades so ruht, daß das Rad frei spielen kann. Hierzu werden auf beiden Seiten der Achse die Aufsteigmuttern aufgeschraubt, die gewöhnlich nur auf der linken Seite vorhanden sind. Das Vorderrad kommt auf einen passend ausgearbeiteten Klotz zu stehen, um dem Sattel die richtige Lage zu geben. Als Riemen dient guter Polstergurt von etwa 3 cm Breite der am Stoß gut überlappt vernäht wird. Den Achsenabstand zwischen Dynamo und Hinterrad wählt man nicht unter 1,30 m.

Die Dynamo ist, um den Treibgurt nachspannen zu können, nicht unmittelbar auf das Grundbrett geschraubt, sondern vorerst auf eine Holzplatte, die drei oder vier Schlitzlöcher in ihrem über die Maschinenplatte vorstehenden Rande enthält.

In das Grundbrett sind von unten Schrauben von $\frac{1}{2}$ " mit Linsenkopf und Vierkanthals eingelassen, die durch die Schlitzlöcher der Holzplatte reichen und mit ihren



Muttern und Unterlagplatten die Maschine verschiebbar festklemmen. Kann man etwa ein altes Fahrrad ständig für diesen Betrieb benutzen, so füllt man den Luftschlauch des Hinterrades mit Wasser um eine größere Trägheit zu erreichen. Das Wasser kann man mittels jeder Luftpumpe mit etwas Geduld in den Schlauch einfüllen. Es empfiehlt sich noch, die Riemenscheibe der Dynamo mit Leder zu beziehen. Ein Abgleiten des Gurtes ist dann selbst bei Kurzschluß der

Maschine fast ausgeschlossen; allerdings ist vorausgesetzt, daß Rad und Scheibe sorgfältig ausgerichtet sind.

Ich habe vor einigen Jahren diese Einrichtung zum gelegentlichen Aufladen einer Akkumulatorenbatterie von 10 Volt bei 2,5 Amp. benutzt.

Die Daten meines Apparates waren folgende:

1. Das Fahrrad. — Hinterraddurchmesser (Laufkreis) 712 mm, Kettenradübersetzung 16 zu 44 Zähne, Tretkurbelumdrehungen i. d. M.: 50.
2. Die Dynamo. — Gleichstromnebenschlußmaschine von Siemens & Halske, gebaut für 15 Volt, 10 Amp. bei 2900 Umdrehungen.

Bei 50 Umdrehungen der Pedale ergeben sich die Umdrehungen der Dynamowelle zu

$$\frac{712}{42} \cdot \frac{44}{16} \cdot 50 = 2330.$$

Diese Zahl wurde auch mit Tachometer direkt bestimmt; es ergab sich kein meßbarer Riemenschlupf.

Als größte für etwa zehn Minuten Dauer gut durchzuhaltende Leistung wurde gemessen: 12,5 Volt, 7 Amp. bei 2300 Umdrehungen. Hierbei konnte die Anstrengung beim Treten etwa einer Fahrt auf 3% Steigung verglichen werden. Zur Feststellung der wirklichen Leistung an den Tretkurbeln wurde die Dynamo als Motor an Spannung gelegt und so reguliert, daß die Kurbeln etwa 50 Umdrehungen machten. Bei 12 Volt Klemmspannung waren etwa 1,8 Amp. hierzu erforderlich. Hiernach

ergibt sich als größte Leistung am Fahrrad (wenn mit einem Gesamtwirkungsgrad der Dynamo von 0,65 gerechnet wird)

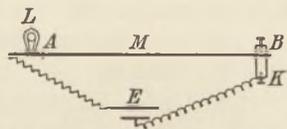
$$\frac{12,5 \cdot 7}{0,65} + 12 \cdot 1,8 \cdot 0,65 \text{ rd.} = 150 \text{ Watt.}$$

Versuche mit einfachen Mitteln.

Verwendung von kleinen Glühlampen zum Nachweis der Widerstandsänderung bei festen und flüssigen Körpern. Von R. Danneberg in Dresden. In dieser Zeitschrift XXIV, 373 habe ich einen Versuch beschrieben, durch den man die Abnahme des Widerstandes eines Platindrahtes mit der Abnahme der Temperatur sehr sinnenfällig beweisen konnte. Der Versuch gelingt noch deutlicher mit einem dünnen Eisendraht (Blumendraht), da man ihn zum Abschmelzen bringen kann, ohne einen großen Verlust zu haben. Man befestige ihn ebenso wie jenen Platindraht an zwei starken, aufrecht stehenden Drähten und wickle ihn so, wie man bifilare Spulen wickelt, mit Hilfe eines Glasrohres zu einer Spirale. Durch einen elektrischen Strom bringe man diese Spirale zur Rotglut. Kühlt man ihren unteren Teil durch ein Glas Wasser ab, so schmilzt der obere Draht. Verwendet man Platin, so leuchtet das Platin nur heller, ein Konstantandraht ändert seine Helligkeit beim Abkühlen nicht.

Metalle haben also eine größere Leitfähigkeit, wenn sie abgekühlt werden, besonders zeigt Eisen diese Eigenschaft. Der Widerstand vom Konstantan ändert sich wenig mit der Temperatur. Daher verwendet man Konstantan zu Widerstandsspulen, auch wird man beim Eisendraht auf seine Verwendung in den Vorschaltwiderständen der Nernstlampen hinweisen. Die Versuche führen dazu, überhaupt die Helligkeit eines glühenden Drahtes als Stromanzeiger zu verwenden. Am bequemsten benutzt man dazu kleine Glühbirnen, die bei $\frac{1}{2}$ Amp. hell leuchten. Die Schwankungen von $\frac{1}{5}$ Amp. sind deutlich wahrnehmbar. Als Stromquelle genügt meist ein Akkumulator.

Ein solches Lämpchen *L* (s. Fig.) schaltet man in den Stromkreis, der von einem Akkumulator *E* zu einer Doppelklemme *K* führt. In der Öse derselben kann man einen Draht *AB* von der Beschaffenheit verschieben, daß das bei *A* angebrachte Lämpchen dunkel leuchtet. Schiebt man auf dem Draht die Klemme näher an *A* etwa bis *M* heran, so daß *MB* stromlos ist, so brennt die Lampe heller. Berührt man, indem man bei *M* den Draht *AB* umlegt, mit *B* den Punkt *A*, so steigert sich die Helligkeit noch mehr, d. h. der Widerstand nimmt bei verkleinerter Länge und wachsendem Querschnitt eines Drahtes zu.



Ganz entsprechende Versuche lassen sich für die Widerstände flüssiger Körper anstellen.

In ein Becherglas mit nicht gesättigter Kupfervitriollösung tauchen 2 Kupferplatten als Elektroden. Der Strom führt von der Batterie zur Lampe, von da zu dem Becherglas und zurück zur Stromquelle. Man taucht die Elektroden so weit ein, daß das Lämpchen mittelhell leuchtet. Hebt man dann eine Kupferelektrode aus der Flüssigkeit nur wenig heraus, so brennt die Lampe dunkler, nähert man die Elektroden, brennt sie heller. Bringt man pulverisiertes Kupfervitriol in die Lösung, so leuchtet die Glühbirne heller. Es folgen also dieselben Gesetze wie bei festen Körpern. Die Leitungsfähigkeit nimmt mit der Konzentration zu. Erwärmt man die Lösung, indem man das Becherglas über einen Bunsenbrenner bringt, so wird die Lampe heller, d. h. warme Flüssigkeiten leiten besser als kalte, also das umgekehrte Gesetz wie bei festen Körpern.

Die Versuche lassen sich entsprechend mit Wechselstrom durchführen. Auch der induktive Widerstand oder die Induktanz läßt sich zeigen.

In die Primärleitung eines kleinen Induktionsapparates, dessen Eisenkern und Sekundärspule entfernt werden, schaltet man das Glühlämpchen ein. Wenn der Unterbrecher gut eingestellt ist, brennt die Lampe gleichmäßig hell. Der Ohmsche Widerstand der Primärspule ist so gering, daß man ihn durch Kurzschluß ausschalten kann, ohne daß die Lampe merkbar heller brennt. Die Lampe verfinstert sich aber sofort, wenn man das Eisendrahtbündel einschiebt, was vorsichtig geschehen muß, damit der Unterbrecher nicht gestört wird. Es ist also der Drahtwiderstand nur dadurch größer geworden, daß das Kraftfeld konzentriert, die Selbstinduktion erhöht wurde.

Dabei kann man noch folgenden, für unsere Transformatoren recht lehrreichen Versuch ausführen. Schiebt man bei obiger Anordnung über die primäre Spule des Induktionsapparates die sekundäre, so brennt die Birne mit der gleichen Helligkeit. Wenn man aber die sekundäre Spule kurzschließt, so erhöht sich die Helligkeit der Lampe. Wenn also der Strom durch die primäre Spule eines Transformators fließt, so wird ein gewisser „Leerlauf“strom verbraucht. Dieser Strom wird aber von selbst stärker, wenn in der Induktionspule Strom verbraucht wird. Man kann also ohne wesentlichen Verlust den Strom durch die primäre Spule eines Transformators dauernd senden. Nimmt man von der sekundären Spule Strom, so wird der Primärstrom von selbst stärker.

Für die Praxis.

Leitfähigkeit von Glas. Von Albin Lesky in Graz. Von Gg. HEINRICH in Neustadt a. d. Haardt ist im vierten Heft dieser Zeitschrift eine gute und einfache Zusammenstellung zum Nachweis der Leitfähigkeit des Glases angegeben. Diese Anordnung kann nun für die Schule noch anschaulicher gemacht werden. Die Negativkohlen werden in Holtzsche Fußklemmen gefaßt, zwischen die Kohlenspitzen wird das Glasröhrchen gebracht, darauf legt man den Stromkreis der Starkstromleitung an die Kohle an und schaltet in diesen einen gewöhnlichen Vertikalmultiplikator, wie ihn jede Schule zur Verfügung hat, ein. Nach Erhitzung des Glasrohres sieht der Schüler nicht nur das Funkenspiel, welches ja eine bloße Wärmeerscheinung ist, sondern auch einen mächtigen Ausschlag am Multiplikator, der nur solange andauert, als das Funkenspiel vorhanden ist. An Stelle des Multiplikators kann auch eine elektrische Klingel genommen werden. Zu bemerken wäre noch, daß diese Erscheinung auch bei 150 Volt Spannung recht gut gelingt, nur soll man nicht schwer schmelzbares Glas verwenden.

Hat man Starkstrom nicht zur Verfügung, so kann die Leitfähigkeit des Glases noch auf eine andere Art gezeigt werden, die gegen die erwähnte Vorteile hat. Man nimmt einen Induktionsapparat, wie er zu physiologischen Wirkungen gebraucht wird, und schaltet in den sekundären Stromkreis die Kohle samt Glasröhrchen und ein Telephon ein. Wird der primäre Strom durch ein gewöhnliches Tauchelement geschlossen, so hört man im Telephon nichts. Wird nun das Glasröhrchen nur mäßig erwärmt, so beginnt das Telephon zu tönen, und zwar mit zunehmender Erwärmung stärker. Kühlt sich das Röhrchen ab, so wird das Tönen wieder schwächer, um schließlich ganz aufzuhören.

Leucht- und Heizflamme. Von Dr. I. Kraus in Wien. Der Temperaturunterschied beider Flammen läßt sich leicht zeigen, wenn man eine Schreibfeder mit der Spitze nach abwärts in den Federstiel steckt und das abgerundete Ende der Feder in die Flamme hält. In der Heizflamme wird es rasch glühen, in der Leuchtflamme aber berußt werden. Hält man das berußte Ende wieder in die Heizflamme, so wird der Kohlenstoff verbrennen und die Feder wieder blank werden.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Über eine neue optische Versuchsanordnung. Von F. PAUL LIESEGANG in Düsseldorf. Wenn man ein Strahlenbündel mittels zweier Spiegel, die unter 45° gegeneinander angeordnet sind, zur Seite ablenkt, so wird das Bündel in sich um 90° gedreht, und besteht es aus polarisiertem Licht, so findet gleichzeitig eine Drehung der Polarisations-ebene um 90° statt. In Fig. 1 sind M und N

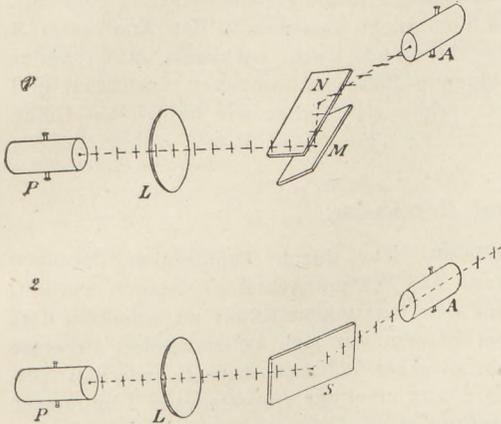


Fig. 1 und 2.

die beiden Spiegel, L eine Linse, P der Polarisator; die Polarisations-ebene ist durch Striche angedeutet, die zuerst senkrecht verlaufen, nach der doppelten Spiegelung waagrecht. Ein Analysator A , dessen Polarisations-ebene parallel zu derjenigen des Polarisators steht, wird das Licht also nicht durchlassen. In Fig. 2 ist zum Vergleich an Stelle des Spiegelpaares ein einfacher Spiegel S gesetzt, der keine Drehung herbeiführt, so daß der Analysator hier für das Licht offen steht.

Wirft man nach der doppelten Spiegelung das Licht durch einen dritten Spiegel O (Fig. 3) gegen den Polarisator zurück, der hierbei reichlich groß sein muß — also etwa ein Glasplattensatz G — so wird dieser die Strahlen absperrn. Eine solche Anordnung stellt eine Art Lichtfalle dar. Da der Glasplattensatz schlecht polarisiert, wird man bei der Durchführung des Versuches zur Reinigung ein Nicolsches Prisma N vor oder hinter den Satz einschalten. Die Lichtfalle läßt sich vollkommener machen durch Zurückführung der Strahlen auf die ursprüngliche Richtung; das kann gemäß Fig. 4 geschehen durch einen Spiegel S und einen Glasplattensatz L , der ebenso wie der Spiegel unter dem Polarisations-

winkel angeordnet ist. Während dieser Satz (wenn er ideal arbeitet) anfangs alles Licht durchläßt, wird er jetzt alles gegen den Polarisator P reflektieren, da ja die Polarisations-ebene um 90° gedreht ist, und dieser wird wiederum gegen das zurückkehrende Licht geschlossen sein. Drehen wir den Nicol um 90° , so nehmen die Strahlen den umgekehrten Verlauf: zuerst Reflexion am

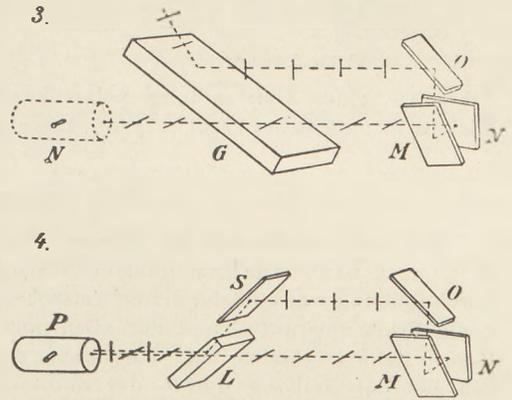


Fig. 3 und 4.

Glasplattensatz L , dann Spiegelung und Rückkehr durch den Satz hindurch mit gedrehter Polarisations-ebene. Zur Demonstration wird man als Polarisator an Stelle des Nicols einen Glasplattensatz nehmen, der (wie in Fig. 3) das zurückkehrende und abgesperrte Licht durch die Reflexion erkennen läßt. Das Spiegelpaar M, N führt eine kleine seitliche Verschiebung des Strahlenganges herbei, die man durch entsprechendes Neigen der anderen Spiegel und Glasplatten ausgleicht. Um die dadurch bewirkte Abweichung möglichst gering zu machen, rückt man die Spiegel M, N sehr nahe zusammen und macht andererseits den Abstand des oberen Strahlenganges vom unteren recht groß.

Eine Spielerei ähnlicher Art zeigt Fi Das aus dem Nicol P austretende Licht geht durch den Glasplattensatz G , trifft die beiden unter 45° gegeneinander angeordneten Spiegel M, N und wird mittels zweier weiterer Spiegel O und S wieder gegen den Satz geworfen, der die Strahlen reflektiert, da die Polarisations-ebene um 90° gedreht ist. Das Licht läuft nun zum zweiten Male rund, erleidet abermals eine Drehung der Polarisations-ebene und wird dann durch den Satz D

hinausgelassen. Eine andere Zusammenstellung von Glasplattensätzen und Spiegeln

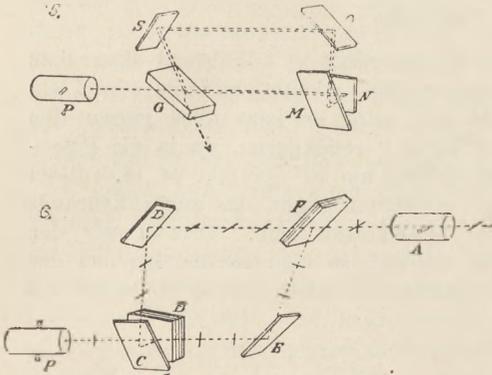


Fig. 5 und 6.

führt zu einer Umwandlung polarisierten Lichtes in natürliches Licht (Fig. 6). Die aus

dem Polarisator P kommenden Strahlen werden durch den unter 45° angeordneten Glasplattensatz B in zwei gleichstarke Teile zerlegt. Der reflektierte Teil erhält durch zwei Spiegel C und D einen zur alten Richtung parallelen Verlauf, wobei die Polarisations-ebene um 90° gedreht wird; infolgedessen wird der Glasplattensatz F , der unter dem Polarisationswinkel angeordnet ist, alles Licht hindurchlassen. Das andere Strahlenbündel wird unter Aufrechterhaltung der Polarisations-ebene durch den Spiegel E und den in diesem Falle total reflektierenden Glasplattensatz F in die gleiche Richtung gebracht. In dem Licht, das nun in den Analysator A eintritt, sind zwei senkrecht aufeinander stehende Polarisations-ebenen vertreten, und es verhält sich daher wie natürliches Licht.

(Verh. der Vers. d. Naturf. u. Ärzte 1912.)

2. Forschungen und Ergebnisse.

Eine neue Stofftheorie der Wärme. Von H. L. CALLENDAR¹⁾. Die Erzeugung der Wärme durch Reibung war eine der ersten Tatsachen, deren Erklärung auf Grund der alten Stofftheorie Schwierigkeiten bot. Man nahm an, daß bei der Reibung die in der Substanz schon vorhandene Wärme herausgetrieben werde, und daß z. B. beim Bohren eines Kanonenrohrs die Bruchstücke und Splitter eine kleinere Wärmekapazität besitzen als das ursprüngliche Material. Rumford und Davy zeigten, daß dieses nicht der Fall sei, und daß ein Körper bei der Erwärmung keine Gewichtszunahme aufweise; sie betrachteten daher die Wärme als einen Bewegungs- und Schwingungszustand der materiellen Teilchen. Dagegen gelangte Laplace auf Grund der Stofftheorie zu richtigen Ergebnissen für das Verhältnis der spezifischen Wärmen der Gase, für die adiabatische Gleichung und manche anderen Punkte. Auch Carnot steht in seinem Werke „Über die bewegende Kraft der Wärme“ auf dem Boden der Stofftheorie. Er zeigt darin, daß bei dem „Kreisprozeß“ seiner Wärmekraftmaschine, wenn diese wieder in den Anfangszustand zurückgebracht ist und alle Teile dieselbe Dichte, Temperatur und denselben Aggregatzustand wie am Anfang besitzen, sie auch die gleiche Wärmemenge enthalten

müssen. Nur durch Temperaturdifferenzen kann aus Wärme Arbeit genommen werden; um den maximalen Effekt zu erhalten, darf bei keinem der sich vollziehenden Prozesse ein direkter Wärmeaustausch zwischen Körpern von merkbar verschiedener Temperatur stattfinden. Alle umkehrbar arbeitenden Maschinen besitzen den gleichen Wirkungsgrad W/Q (W = geleistete Arbeit, Q = aufgenommene Wärme), wenn sie innerhalb derselben Temperaturgrenzen arbeiten. Carnot zeigte, daß die Theorie sehr vereinfacht wird, wenn man den Kreisprozeß innerhalb unendlich naher Grenzen bei einer beliebigen Temperatur t betrachtet; in diesem Falle ist die pro Wärmeeinheit bei der Temperatur t erzielbare Arbeit für alle Substanzen die gleiche Funktion von t . Mittels direkter Anwendung der Stofftheorie hat Carnot ferner gezeigt, daß, wenn die Temperatur durch ein vollkommenes Gas gemessen wird, der Wert jener Funktion $F'(t)$ für alle Temperaturen derselbe ist und einfach durch eine konstante Größe A (unser mechanisches Wärmeäquivalent) dargestellt wird. Die durch Q Kalorien zu erzielende Arbeit W in einem Carnotschen Prozeß innerhalb der Temperaturgrenzen T und T_0 wird durch die Gleichung $W = A Q (T - T_0)$ bestimmt. Diese aus der Stofftheorie abgeleitete Gleichung drückt aber auch das Gesetz von der Erhaltung der Energie, angewandt auf einen Carnotschen Kreisprozeß, aus. Bei Interpretation dieser Gleichung hat Carnot die Analogie mit einem Wasserfall verwendet,

¹⁾ Aus dem Eröffnungsvortrag der math. und phys. Sektion der British Ass. for the Advancement of Science, Dundee, Sept. 1912. Naturw. Rundsch. 27, S. 545, 561 (1912).

indem er annahm, daß die Wärme infolge der Temperaturerhöhung, ebenso wie das Wasser durch seine Fallhöhe, eine „bewegende Kraft“ besitze. Die Wärme ist dabei nur Träger der Energie, und die Gewinnung von Arbeit hängt nicht von dem jeweiligen Wärmeverbrauch, sondern von der Abnahme der verfügbaren Temperatur ab. Die Carnotschen Berechnungen ergaben allerdings entgegen dem Versuch eine Abnahme der pro Grad Temperatur aus einer Wärmemenge zu erzielenden Arbeit mit steigender Temperatur. Diese Unstimmigkeit ist aber nur eine scheinbare, da die Carnotsche Bestimmung einer Wärmemenge aus der pro Temperaturgrad geleisteten Arbeit nicht identisch ist mit einer kalorimetrischen Wärmemessung. Bei kalorimetrischer Messung ist die Wärme eben eine Energiemenge, während die nach dem Carnotschen Prinzip bestimmte Wärme alle Eigenschaften eines Stoffes besitzt. Der „Wärmestoff“ Carnots ist nach CALLENDAR identisch mit der Clausiusschen „Entropie“. Dieser Umstand ist bisher übersehen worden, ebenso daß die Zunahme der Entropie bei nicht umkehrbaren Prozessen das geeignetste Maß für auftretende Wärmemengen bietet. Zur Untersuchung dieses „Wärmestoffes“ eignet sich nach CALLENDAR nicht die Mischung zweier Substanzen von verschiedener Temperatur — wie sie Carnot vornahm — wohl aber der Prozeß der Wärmeleitung. Das Verhältnis der Leitfähigkeiten für Wärme und Elektrizität bei Metallen ist nach neueren Bestimmungen nicht konstant, sondern ändert sich annähernd proportional der absoluten Temperatur. Den Grund dieser Inkonstanz sieht der Verf. eben darin, daß bei den beiden Leitfähigkeiten die Wärme als Energie, die Elektrizität aber als Menge eines Fluidums gemessen wird. Würde man auch die Wärmeleitfähigkeit im Maße eines Wärmefluidums ausdrücken, so würde das Verhältnis konstant erscheinen. Unter der Annahme, daß die Träger für Wärme und Elektrizität die gleichen sind und daß die kinetische Energie jedes Trägers dieselbe ist wie die eines Gasmoleküls bei gleicher Temperatur, läßt sich der Wert des Verhältnisses beider Leitfähigkeiten berechnen; man erhält einen mit dem experimentellen gut übereinstimmenden Wert. CALLENDAR will die Träger der Wärmeleitung aber nicht als negative Elektronen, wie die der Elektrizität, sondern als neutrale Dublets betrachten, die durch Vereinigung eines positiven und negativen Teilchens zustande kommen. Nimmt man an, daß diese neutralen

Korpuskeln in Leitern in einer Art freiem Zustand in Lösung vorhanden sind und leicht in positive und negative Elektronen zersetzt werden, so erhält man die Theorie der metallischen Leitung durch Analogieschlüsse aus der Leitung in Elektrolyten. Nur die Geschwindigkeit der Ionen in metallischen Leitern ist dann sehr viel höher als in Elektrolyten. In guten Leitern tritt eine nahezu vollständige Dissoziation der neutralen Dublets ein, so daß das Verhältnis beider Leitfähigkeiten dem Wert nahe kommt, den man unter der Voraussetzung gleicher Träger für Wärme und Elektrizität berechnet. In schlechten Leitern ist die Dissoziation gering, und es erklärt sich daraus z. B., daß der elektrische Widerstand in Gußeisen zehnmal größer ist als in reinem Eisen, obwohl das Wärmeleitvermögen in beiden nicht sehr verschieden ist. Um die Erzeugung von Wärme durch Reibung zu erklären, hat man anzunehmen, daß bei der Reibung Ionen losgerissen werden, von denen einige getrennt bleiben und die Reibungselektrizität darstellen; die meisten vereinigen sich aber wieder, und das Äquivalent der Trennungsarbeit kommt in der Wärmeenergie zum Vorschein. Da man annimmt, daß bei der Bremsung von Elektronen Röntgenstrahlen entstehen, so kann man die „Wärmemoleküle“ auch als langsame Röntgenstrahlen betrachten, deren Energie die gleiche ist wie die von Gasmolekülen bei derselben Temperatur. Die Annahme der molekularen Konstitution der Wärme erscheint dem Verf. als eine notwendige Folge der Molekulartheorien der Materie und Elektrizität. Der flüssige und der gasförmige Aggregatzustand würden als konjugierte Lösungen von Wärmestoff in Materie zu betrachten sein, wobei das Verhältnis beider sich mit dem Druck und der Temperatur ändert. Bei der Wärmestrahlung könnte man die Planckschen Energiequanten mit den Wärmemolekülen identifizieren, die die Umwandlung elektromagnetischer Strahlungsenergie in Wärme darstellen und eine Energie proportional ihrer Temperatur besitzen müßten. Der Wärmestoff ist als unzerstörbar anzusehen. Bei gewissen Prozessen wird er durch Vergesellschaftung mit einem materiellen Körper für uns nachweisbar, war aber auch vorher vorhanden, wenn auch der Beobachtung nicht zugänglich. Der Verf. hat in seinem Vortrage die ganze Frage nur oberflächlich skizziert und wollte nur die Aufmerksamkeit darauf lenken, daß die Einführung des Wärmestoffs als natürliches Maß für Wärme-

mengen im Gegensatz zu Mengen der Wärmeenergie einen Fortschritt bedeuten könnte.

Schk.

Über Temperaturmessung. (Originalbericht.) 1. Thermodynamische Temperaturskala. Die Thermodynamik lehrt eine ganze Reihe von Beziehungen kennen, die eine Bestimmung der „absoluten Temperatur“, also unabhängig von der Wahl einer bestimmten Substanz, erlaubt. Im Grunde ist dazu jede Folgerung aus dem II. Hauptsatz geeignet, wenn die darin vorkommenden Größen der Messung zugänglich sind. F. HENNING zeigt in einer Arbeit: Über Temperaturmessung mit Hilfe der Clapeyron-Clausius'schen Gleichung¹⁾, wie die praktische Anwendung einer solchen Gleichung sich für die Frage der Temperaturmessung gestaltet. Die benutzte Gleichung liefert sogar eine Methode, die unter Umständen der gasthermometrischen Messung überlegen ist.

Die Clapeyron-Clausius'sche Gleichung gibt folgende Beziehung zwischen der Verdampfungs- oder Sublimationswärme L , der absoluten Temperatur T , dem Sättigungsdruck p und dem spezifischen Volumen v_1 der gasförmigen und dem der flüssigen oder festen Phase v_2 :

$$L = \frac{1}{A} \cdot T \cdot \frac{dp}{dT} (v_1 - v_2),$$

worin A das mechanische Wärmeäquivalent ist.

In der integrierten Form lautet sie:

$$\ln \frac{T}{T_0} = \frac{1}{A} \int_{p_0}^p \frac{v_1 - v_2}{L} dp$$

und bietet die Möglichkeit, wenn die Größen L , v_1 , v_2 als Funktionen von p in dem Intervall von T bis T_0 gemessen sind, die Temperatur T bei gegebener Ausgangstemperatur T_0 zu bestimmen.

Der Verf. untersucht nun den Einfluß, den die Meßfehler auf das Resultat ausüben. Er findet, daß die Fehler in der Größe $\frac{v_1 - v_2}{L}$ um so weniger ins Gewicht fallen, je niedriger die Temperatur T_0 und je geringer die Differenz $T - T_0$ ist. Die Formel bietet also gerade dort besondere Vorteile, wo das Gasthermometer versagt, z.B. bei Temperaturen unterhalb des Kondensationspunktes von Helium.

¹⁾ Verh. d. Deutsch. Phys. Gesellsch. **13** (1911), S. 645—650.

Für die numerische Rechnung sind allerdings bis jetzt nur sehr wenig Beobachtungsdaten vorhanden. Um indessen die Brauchbarkeit zu erweisen, wird als Beispiel die absolute Temperatur aus dem für Wasser bekannten Werte von L , v_1 , v_2 und p zwischen 100 und 180° C berechnet. Dabei ergibt sich bis 140° C eine Übereinstimmung mit der absoluten Skala bis auf 0,03°, während der Fehler bei 180° C auf 0,08° wächst. Auch dieser Fehler ist indessen nicht sehr erheblich, wenn man bedenkt, daß erst durch die neuesten gasthermometrischen Messungen (vgl. unten HOLBORN und HENNING, 1911) eine größere absolute Genauigkeit erzielt wurde.

2. Praktische Temperaturskala und Gasthermometer. a) *Mittlere Temperaturen.* Die praktische Temperaturskala für das Fundamentalintervall von 0° bis 100° C ist bekanntlich definiert durch das Normal-Wasserstoffthermometer mit konstantem Druck, während über 100° jetzt vornehmlich das Stickstoffthermometer mit konstantem Volumen zur Darstellung der Skala benutzt wird. Dabei dient als das beste Mittel, die Skala sicher festzulegen, die Bestimmung von Fixpunkten. Für das Gebiet zwischen 100° und 500° eignen sich hierfür ganz besonders die Siedepunkte von Naphthalin, Benzophenon und Schwefel, die Schmelzpunkte von Zinn, Kadmium und Zink. Indem C. W. Waidner und G. K. Burgess [Note on the Temperature Scale between 100° and 500° C²⁾] die eigenen und von anderen mit dem Gasthermometer gefundenen Werte für diese Punkte zusammenstellen, glauben sie als sicherste Werte folgende angeben zu können:

Siedepunkte:		Erstarrungspunkte:	
Naphthalin	218,0°	Zinn	231,9°
Benzophenon	306,0	Kadmium	321,0
Schwefel	444,7	Zink	419,4

Eine kritische Betrachtung führt die Verfasser zu dem Schluß, daß die Skala *absolut* beim Schwefelsiedepunkte nicht genauer als bis auf 1° festliegt. Es sei deshalb sehr erwünscht, wenn die Fixpunkte mit vollkommeneren Mitteln noch genauer gasthermometrisch bestimmt würden, da die *relativen* Temperaturmessungen besonders mit dem Platinwiderstandsthermometer eine ganz erheblich größere Genauigkeit zuließen.

Der hier ausgesprochene Wunsch fand in einer kurz darauf erschienenen Arbeit

²⁾ Chem. News **103** (1911), 25.

von L. HOLBORN und F. HENNING³⁾ seine Erfüllung. Dabei verfuhr die Verfasser in folgender Weise. Unmittelbar mit dem Gasthermometer wurde eine Reihe von Platinwiderstandsthermometern verglichen, und mit diesen wurden dann die genannten 6 Fixpunkte bestimmt. Das Gasthermometer mit konstantem Volumen wurde mit Stickstoff, Wasserstoff und Helium benutzt und als Gefäßmaterial Jenaer Glas 59^{III} und (nur bei der Stickstofffüllung) Quarzglas. Dabei ergab sich, daß das Jenaer Glas für Helium in geringem Maße durchlässig ist, während bei Wasserstoff im Gegensatz zu dem Befund anderer Beobachter eine Durchlässigkeit nicht bemerkt werden konnte.

Die Vergleichung der Platinthermometer mit dem Gasthermometer fand in Flüssigkeitsbädern (bei 200° in Öl, bei 330° und 450° in geschmolzenem Salpeter) statt, worin sich eine viel größere Genauigkeit als in Luftbädern erreichen läßt. Mit den an das Gasthermometer angeschlossenen Platinthermometern wurde zunächst der Schwefelsiedepunkt, der für die Festlegung der Temperaturskala von größter Bedeutung ist, neu bestimmt. Für ihn ergab sich der Wert

444,51°.

Die früher mit den Platinthermometern gemessenen Siedepunkte von Naphthalin und Benzophenon konnten auf diesen Wert des Schwefelsiedepunktes umgerechnet werden. Dagegen wurden die Erstarrungspunkte neu gemessen. So ergab sich folgendes:

Siedepunkte:		Erstarrungspunkte:	
Naphthalin	217,9 ₆ °	Zinn	231,8 ₃ °
Benzophenon	305,8 ₉	Kadmium	320,9 ₂
Schwefel	444,5 ₁	Zink	419,4 ₀

Hiermit sind die Beobachtungen von CALLENDAR und GRIFFITHS und von Waidner und BURGESS in bester Übereinstimmung, wenn man ihre Werte ebenfalls auf 444,5° für den Schwefelsiedepunkt umrechnet.

b) *Höhere Temperaturen.* Bei Temperaturen über 500° nehmen die Schwierigkeiten der Messung erheblich zu. Vor allem macht sich der Mangel an einem geeigneten Flüssigkeitsbad bemerkbar, da die Gleichförmigkeit der Temperaturverteilung in Luftbädern, die allein noch in Betracht kommen, sehr viel schlechter ist. Trotzdem ist in letzter Zeit auch die Messung der höheren Temperaturen ganz bedeutend gefördert worden. Über die Arbeiten des Geophysikalischen Instituts in

Washington, das an dieser Arbeit hervorragenden Anteil genommen hat, liegen zwei zusammenfassende Berichte vor: A. L. DAY, *Recent Advances in High-Temperature Gas Thermometry*⁴⁾ und die besondere Broschüre: A. L. DAY und R. B. SOSMAN, *High Temperature Gas Thermometry*, Washington. Publ. by the Carnegie Institution 1911. 130 S.

Die grundlegenden und sorgfältigen Arbeiten, die von 1904 ab im Geological Survey in Washington und von 1907 ab im Geophysical Laboratory mit Unterstützung der Carnegie-Stiftung ausgeführt wurden, bezweckten hauptsächlich eine Festlegung der gasthermometrischen Skala von 1150° bis etwa 1550°. Sie sind nunmehr zu einem gewissen Abschluß gekommen, so daß es sich verlohnt, einen Rückblick auf das Erreichte zu werfen.

Durch die im Jahre 1899 und 1900 veröffentlichten Untersuchungen von HOLBORN und DAY, die in der Phys.-T. R.-Anstalt ausgeführt wurden, war die gasthermometrische Skala mit einer bis dahin nicht erreichbaren Genauigkeit bis 1150° festgelegt worden. Temperaturen über 1150° mußten durch Extrapolation gewonnen werden. Dazu diente entweder eine empirische Formel für die Abhängigkeit der EMK der Thermosäule von der Temperatur oder eines der thermodynamisch begründeten Gesetze für die Strahlung des „Schwarzen Körpers“. Der letzteren, strahlungs-pyrometrischen Methode gebührt zweifellos der Vorzug, und es ist wohl keine Frage, daß sie für die Bestimmung der höchsten Temperaturen allein in Betracht kommen wird. Vor allen übrigen zeichnet sie sich dadurch aus, daß das Meßinstrument nicht in unmittelbarer Berührung mit dem glühenden Körper zu sein braucht, und daß es eine obere Grenze ihrer Brauchbarkeit nicht gibt, da die Strahlung, die ein Körper aussendet, mit der Temperatur stark zunimmt und sich der Messung beliebig starker Strahlungen keine prinzipiellen Schwierigkeiten darbieten. Soll jedoch die Messung Temperaturen in der gültigen gasthermometrischen Skala ergeben, so muß das Strahlungspyrometer wie jedes andere an das Gasthermometer angeschlossen sein. Nun nimmt die Empfindlichkeit aller Strahlungspyrometer mit der Temperatur außerordentlich stark ab, so daß Messungen mit ausreichender Genauigkeit erst von etwa 900° an ausgeführt werden können. Es leuchtet ein, daß es für die

³⁾ Ann. d. Phys. **35** (1911), S. 761—774.
U. XXVI.

⁴⁾ Chem. News **104** (1911), S. 51—53, 62—64.

Sicherheit der Extrapolation auf sehr hohe Temperaturen von großer Wichtigkeit ist, daß das Gebiet, in dem beide Instrumente brauchbar sind, nicht zu geringen Umfang hat. Es ist deshalb seit dem Jahre 1900 wiederholt versucht worden, die gasthermometrischen Messungen auf höhere Temperaturen ausdehnen. Unter diesen Versuchen sind die wichtigsten die von HOLBORN und VALENTINER 1906 und von DAY und seinen Mitarbeitern.

HOLBORN und VALENTINER hatten bei ihren Arbeiten die ganzen Schwierigkeiten, die sich in so hohen Temperaturen der Anwendung des Gasthermometers darbieten, kennen gelernt: Nur wenige Materialien sind noch für das Gefäß zu gebrauchen. Porzellan wird weich und absorbiert und entbindet Gase, Quarz entglast, Platin erweicht ebenfalls stark und wird für Gase durchlässig. Platinlegierungen sind zwar härter als Platin, aber das häufig zugesetzte Iridium verdirbt die Thermolemente. Eine weitere Schwierigkeit ist die Erzielung einer hinreichend gleichförmigen Temperatur über das ganze Gasthermometergefäß, die Bestimmung der Temperatur des schädlichen Raumes und endlich für die Messung mit Thermolementen, die zur Übertragung der gewonnenen Meßresultate erforderlich sind, der Umstand, daß fast alle bei niederen Temperaturen isolierenden Materialien leitend werden. Die Messungen in den höchsten Temperaturen, nämlich bis nahe an 1700°C , wurden von HOLBORN und VALENTINER mit einem verhältnismäßig kleinen (etwa 50 ccm fassenden) Iridiumgefäß ausgeführt, bei dem die Temperaturdifferenz zwischen Mitte und Ende etwa 10 bis 30° betrug.

Das Bestreben von DAY und seinen Mitarbeitern war nun darauf gerichtet, die Fehler, die diesen Messungen noch anhafteten, nach Möglichkeit zu verringern. In welchem Maße das erreicht ist, wird eine kurze Betrachtung der einzelnen Teile der Versuchsanordnung zeigen. Das Thermometer war ein Gasthermometer mit konstantem Volumen. Als Gas wurde Stickstoff gewählt. Das Gefäß bestand aus einer Legierung von Platin mit 20 Proz. Rhodium. Weder Porzellan noch Quarz erwiesen sich als geeignet. Auch Platiniridium wurde verworfen, wegen des schädlichen Einflusses auf die Thermolemente. Der Zusatz von Rhodium statt des Iridiums gibt dagegen dem Platin die nötige Festigkeit, ohne daß die Thermolemente, deren einer Schenkel ebenfalls aus

Platinrhodium besteht, erheblich angegriffen werden.

Bei der Konstruktion des elektrischen Heizofens war 1. dafür Sorge getragen, daß sich eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung über das ganze Thermometergefäß herstellen ließ, und 2., daß das Gasthermometergefäß von außen von einem bestimmten Gase unter stets kontrollierbarem Druck umgeben war. Das erstere wurde durch die besondere Anordnung des elektrischen Heizwiderstandes, das zweite in folgender Weise erzielt: Der ganze elektrisch geheizte Ofen wurde in ein größeres gasdichtes Gefäß eingeschlossen, daß an das Thermometergefäß von außen nicht wie gewöhnlich die atmosphärische Luft, sondern dasselbe Gas, das sich auch im Innern befand (Stickstoff), und zwar unter demselben Drucke, unter dem es im Innern stand, einwirkte.

Dadurch wurde einerseits das Diffundieren durch die Gefäßwand und andererseits die Deformation des Gefäßes infolge des einseitigen Gasdruckes beseitigt. Es konnte somit viel höheren Anfangsdrücken gearbeitet und dadurch die Empfindlichkeit auf etwa das Dreifache erhöht werden. Die Heizwiderstände bestanden aus Platindraht, der auf das innere Heizrohr gewunden war. Um den Temperaturabfall von dem Ende des zylindrischen Hohlraums zu kompensieren, sind die Windungen an den Enden enger, und außerdem sind noch in einer zweiten Lage besondere Windungen angebracht, die durch veränderliche Strombelastung die noch übrigbleibenden Unterschiede auszugleichen gestatten. Um die Temperaturverteilung längs des Gefäßes messen und einregulieren zu können, sind 9 Thermolemente in verschiedenen Höhen an dem Gefäß verteilt; eines von diesen, Nr. 8, befindet sich in der Einstülpung, die vom Boden aus bis nahe zur Gefäßmitte reicht (Fig. 1). Es ist so erreicht worden, daß die Temperaturdifferenz zwischen den verschiedenen Teilen des Gefäßes nur etwa 2 bis 3° bis zu 1500 bis 1600° hinaus beträgt.

Da sich das Gasthermometer zu unmittelbaren Fixpunktsbestimmungen nicht eignet, so muß zunächst ein Instrument mit hinreichend unveränderlichen Angaben an das Gasthermometer angeschlossen werden. Als solches dient das Platin-Platinrhodium-Thermolement. Die eigentliche gasthermometrische Messung läuft also darauf hinaus, dessen Thermokraft in Abhängigkeit von den Angaben des Gasthermometers zu bestimmen. Ist das geschehen

so wird eine Reihe von Fixpunkten mit dem Thermoelement gemessen und auf diese Weise dessen Temperatur auf die Angaben des Gasthermometers bezogen. Die gewonnenen Resultate ermöglichen dann, jederzeit mit Hilfe der Fixpunkte ein Thermoelement zu eichen und so dieselbe gasthermometrische Skala wiederzugewinnen.

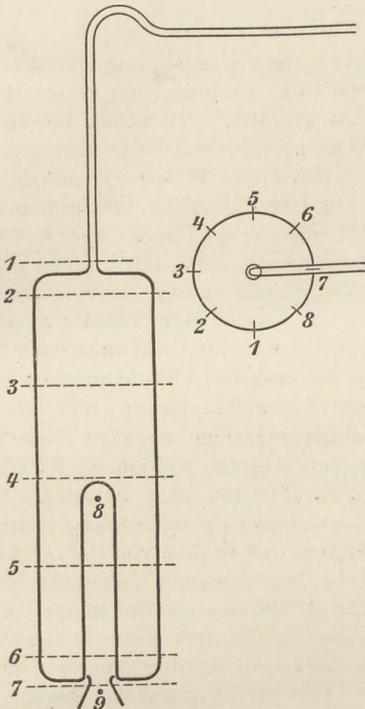


Fig. 1.

Die auf diesem Wege gewonnene Neubestimmung der Fixpunkte ergab folgende Werte:

	Siedepunkt:		Schmelzpunkt:
Naphthalin	217,7°	Silber	960,0°
Benzophenon	305,4	Gold	1062,4
		Kupfer	1082,6
		Diopsid	1391,2
Kadmium	320,2°	Nickel	1452,3
Zink	418,2	Kobalt	1489,8
Antimon	629,2	Palladium	1549,2

Diesen Werten läßt sich noch der Platinschmelzpunkt hinzufügen, der freilich nicht unmittelbar gemessen ist, sich aber mit ziemlicher Annäherung aus folgenden Daten ergibt: Trotz der großen Unterschiede in den Angaben für den Platinschmelzpunkt selbst, die ungefähr 80° betragen, stimmt der Abstand zwischen Palladium- und Platinschmelzpunkt bei den verschiedenen Beobachtern bis auf wenige Grade überein, und zwar beträgt er im Mittel 206°. Mithin ergibt sich aus

dem hier gefundenen Wert für Palladium der Platinschmelzpunkt zu 1755° mit einem Fehler, der wahrscheinlich nicht größer ist als $\pm 5^\circ$.

c) *Tiefe Temperaturen.* Das um die Herstellung und Messung tiefer Temperaturen sehr verdiente, unter der Leitung von KAMERLINGH ONNES stehende Physikalische Laboratorium zu Leiden hat wiederum unsere Kenntnisse in diesem Gebiete sehr erweitert. Nachdem KAMERLINGH ONNES es vor einigen Jahren erzielt hatte, auch das am schwersten kondensierbare, bei 4,25° abs. siedende Heliumgas als Flüssigkeit zu gewinnen, hat er nunmehr dadurch, daß er es unter vermindertem Druck sieden ließ, eine Temperatur erreicht, die nur noch 1,15° vom absoluten Nullpunkt entfernt liegt. Damit ist er der theoretischen unteren Grenze der Temperatur außerordentlich nahe gekommen. Es wäre jedoch falsch, zu glauben, daß die Erreichung oder gar Überschreitung des absoluten Nullpunkts jetzt in absehbarer Zeit zu erwarten ist. Ganz im Gegenteil haben sich die thermodynamischen Grundlagen, auf denen die Messung dieser Temperaturen beruht, auch in diesem extremen Gebiet so bewährt, daß kein Grund vorhanden ist, an der Annahme einer unüberschreitbaren unteren Grenze der Temperatur zu zweifeln. Die Messung der Temperatur, die durch flüssiges Helium hervorgebracht werden kann, geschieht noch mit dem Heliumgasthermometer (KAMERLINGH ONNES, *Communication from the Phys. Lab. of Leiden, Nr. 119, 1911*). Auf den ersten Blick mag es befremdlich erscheinen, daß die Temperatur einer Flüssigkeit noch mit dem Dampf der Flüssigkeit selbst als thermometrischer Substanz gemessen werden kann. Indessen verschwindet die Schwierigkeit, wenn man bedenkt, daß die Dämpfe sich in ihrem Verhalten bei vermindertem Drucke dem der idealen Gase nähern. Es wurde daher auch der Anfangsdruck, unter dem das Gas bei 0° in dem Gasthermometer stand, sehr niedrig, nämlich 14,5 cm Quecksilbersäule, gewählt; bei der niedrigsten gemessenen Temperatur sank er dann auf 1,2 mm. Die Bedingungen für die Messung waren damit für das Heliumthermometer in diesen Temperaturen genau die nämlichen, als wenn man ein Ätherthermometer zur Messung gewöhnlicher Temperaturen verwendet hätte.

Die Temperatur selbst wurde nach der Dampfspannungsformel von van der Waals

$$\lg \frac{p}{p_k} = f \left(1 - \frac{T_k}{T} \right)$$

berechnet, worin p_k und T_k den kritischen Druck und die kritische Temperatur und f eine Konstante bedeutet, die für gewöhnlich zwischen 2 und 3 liegt. Es stellte sich jedoch heraus, daß f mit sinkender Temperatur erheblich abnimmt, und zwar bis 0,9. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache berechnet sich dann die tiefste Temperatur, die erreicht wurde, bei der das Helium nur noch unter einem Druck von 0,15 mm stand, zu $1,15^\circ$ absolut.

Erwähnt werden mag hierbei noch, daß die Erreichung von Temperaturen unterhalb der Siedetemperatur der flüssigen Luft für Laboratoriumszwecke wesentlich erleichtert ist durch den kompendiösen Wasserstoffverflüssigungsapparat von W. NERNST⁵⁾.

3. Thermometrische Fixpunkte. Die Bedeutung der thermometrischen Fixpunkte für die Festlegung der Skala erhellte schon aus den gasthermometrischen Arbeiten: Da bei Annahme einer Reihe hinreichend nahe beieinanderliegender Fixpunkte die Interpolation mit den meisten Meßinstrumenten (Widerstandsthermometer, Thermoelement u. a.) weitaus genauer erfolgen kann als die gasthermometrischen Beobachtungen, so kann man zweckmäßig die Skala durch eine solche Reihe von Fixpunkten für den praktischen Gebrauch festlegen und es der Zukunft überlassen, sie nach etwaiger Richtigstellung der für die Fixpunkte angenommenen Temperaturen zu korrigieren. Sehr nützlich sind deshalb Zusammenstellungen der zurzeit wahrscheinlichsten Werte der Fixpunkte nach den besten absoluten Messungen. Eine solche Zusammenstellung für die Schmelzpunkte aller Elemente hat G. K. BURGESS⁶⁾ gegeben. Aus ihr sollen hier nur die thermometrisch wichtigsten „Normalschmelzpunkte“, die der Verf. selbst als solche hervorgehoben hat, wiedergegeben werden.

Hg	$-38,7^\circ \pm 0,5^\circ \text{C}$	Ag	$+961^\circ \pm 2^\circ \text{C}$
K	$+62,3 \pm 0,2$	Au	1063 ± 3
Su	$231,9 \pm 0,2$	Cu	1083 ± 3
Cd	$321,0 \pm 0,2$	Ni	1450 ± 10
Pb	$327,4 \pm 0,4$	Fe	1520 ± 15
Zn	$419,3 \pm 0,3$	Pd	1550 ± 15
Sb	630 ± 1	Pt	1755 ± 20
Al	658 ± 1	W _o	3000 ± 100

Die beigefügte Genauigkeitsangabe gibt zugleich ein anschauliches Bild von der Sicher-

⁵⁾ Zeitschr. f. Elektrochemie **17** (1911), S. 735 bis 737.

⁶⁾ Journ. Wash. Acad. Sc. **1** (1911), S. 16—19; Chem. News **104** (1911), 165.

heit, mit der die Temperaturskala schätzungsweise festgelegt ist. Die Grundlage, auf der die Werte beruhen, bildet für das Intervall 100° bis 500° die Annahme von $444,7^\circ$ für den Schwefelsiedepunkt. Für die höheren Temperaturen ist die strahlungstheoretische Skala mit der Konstanten $c_2 = 14500$ des Wienschen Strahlungsgesetzes

$$J = C_1 \cdot \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}$$

zugrunde gelegt worden, um die Werte mit der Day- und Sosmanschen Skala in Einklang zu bringen. Wir sahen bereits oben, daß der wahre Wert des Schwefelsiedepunktes (nach Holborn und Henning) wahrscheinlich ein wenig tiefer liegt als hier angenommen, während die Frage nach der Größe der Strahlungskonstanten c_2 noch immer nicht als gelöst angesehen werden kann. Man wird deshalb die vorstehende Tabelle zwar nicht als endgültig, wohl aber als brauchbare Grundlage für die praktische Skala ansehen können.

Dem Schwefelsiedepunkt, der eine ganz außerordentlich wichtige Rolle in der Thermometrie spielt, widmen C. W. WAIDNER und G. K. BURGESS eine besondere Studie: *On the constancy of the sulfur boiling point*⁷⁾. Die Verf. finden, daß in dem von Callendar und Griffiths angegebenen Schwefelsiedeapparate die Widerstandsthermometer in allen Teilen des in Betracht kommenden Dampf-raumes übereinstimmende Angaben machen, während dies bei Thermoelementen aus Platin gegen Platiniridium und Platinrhodium keineswegs der Fall ist. Es zeigt sich jedoch, daß dies durchaus nicht auf eine schlechte Temperaturverteilung in dem Apparat zurückzuführen, sondern der Inhomogenität der verwendeten Thermoelementendrähte zuzuschreiben ist. Ein Widerstandsthermometer, das eine außerordentlich kleine Spule hat, so daß es ähnlich wie ein Thermoelement die Temperatur nur eines kleinen Raumes zu bestimmen erlaubt, zeigt eine ebenso gute wie das größere Widerstandsthermometer (auf $0,05^\circ$). Man hat deshalb allen Grund, den Schwefelsiedepunkt nach wie vor als einen hervorragend geeigneten thermometrischen Fixpunkt anzusehen.

Neue Fixpunkte werden vorgeschlagen von Th. W. RICHARDS und G. L. KELLEY, *The Transition temperatures of sodium chromate as convenient fixed points in thermometry*⁸⁾, und F. M.

⁷⁾ Bull. Bur. Stand. **7** (1911), S. 127—130.

⁸⁾ Proc. Amer. Acad. **47** (1911), S. 169—188; Journ. Amer. Chem. Soc. **33** (1911), S. 847—863.

JAEGER, *Melting Temperatures of Sodium- and Lithium-metasilicates*⁹⁾. Das Natriumchromat bietet insofern keine so ganz einfachen Verhältnisse dar, als es drei verschiedene Hydrate bildet, deren Existenzgebiete sind:

Dekahydrat $Na_2CrO_4 \cdot 10 H_2O$
stabil unterhalb $19,53^\circ$

Hexahydrat $Na_2CrO_4 \cdot 6 H_2O$
stabil von $19,53^\circ$ bis 26°

Tetrahydrat $Na_2CrO_4 \cdot 4 H_2O$
stabil von 26° bis $62,8^\circ$

(vgl. die graphische Darstellung der zugehörigen Dampfdrucke in Fig. 2). Als thermometrische Fixpunkte empfehlen die Verf. die beiden Umwandlungspunkte bei etwa 19° und 26° , von denen der erstere die Möglichkeit bietet, eine sehr oft gebrauchte Temperatur mit großer Genauigkeit festzuhalten.

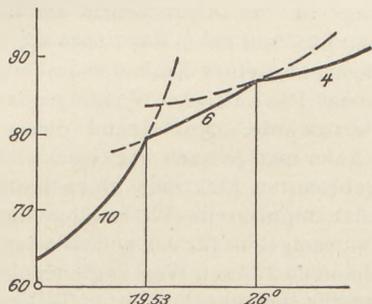


Fig. 2.

Der Apparat, in dem die Umwandlung beobachtet wird, gleicht dem von RICHARDS früher für Na_2SO_4 beschriebenen¹⁰⁾. Als Wert für die beiden Punkte werden gefunden:

für den Übergang
vom Dekahydrat zum Hexahydrat $19,525^\circ \pm 0,002$,
vom Hexahydrat zum Tetrahydrat $25,90^\circ$.

Doch läßt sich der letztere Wert noch genauer bestimmen.

Die von JAEGER vorgeschlagenen Fixpunkte liegen bei höheren Temperaturen:

der Schmelzpunkt
von Lithiummetasilikat bei 1088°
von Natriummetasilikat bei $1201,8^\circ$.

Bei der Ermittlung dieser Temperaturen gebraucht der Verf. ein Platinrhodium-Element, das im Jahre 1910 von DAY und SOSMAN an das Stickstoffthermometer angeschlossen und auf Homogenität seiner Schenkel untersucht worden ist.

⁹⁾ Journ. Wash. Acad. 1 (1911), S. 49—52.

¹⁰⁾ Zeitschr. f. phys. Chem. 43, S. 465.

Eine allgemeine kritische Betrachtung der Methoden der Schmelzpunktsbestimmung in hohen Temperaturen stellt WHITE an¹¹⁾. Die Methode, auf die sich die Betrachtung des Verf. beschränkt, ist die sog. Frankenheim-Methode, bei der die Änderung der Temperaturangabe eines in die zu schmelzende Masse eingetauchten Thermometers (im allgemeinen eines Thermoelements) bei gleichmäßiger Wärmezufuhr beobachtet wird. Im idealen Falle sollte dabei der Gang derart sein, daß die Temperatur in der Masse regelmäßig ansteigt, bis das Schmelzen eintritt; dann sollte absolute Temperaturkonstanz herrschen, bis die ganze Masse geschmolzen ist, und nach Beendigung des Schmelzvorganges sollte die Temperatur wieder flott ansteigen (vgl. Fig. 3 Kurve 1). In Wirklichkeit

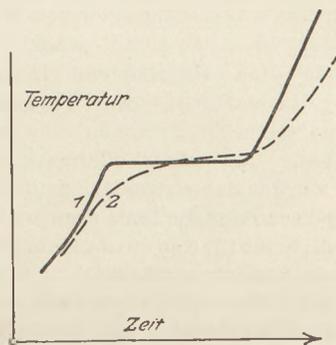


Fig. 3.

beobachtet man jedoch fast immer, daß der horizontale Ast der Schmelzkurve mehr oder weniger geneigt ist (Kurve 2). WHITE führte als Ursachen dieser Erscheinung folgende an: A. Primäre, d. h. durch die Substanz bedingte Ursachen: I. Zeitverzögerung beim Schmelzen. II. Gegenwart von Verunreinigungen. — B. Sekundäre Ursachen, die dadurch bedingt sind, daß der Apparat nicht genau das Verhalten der Stoffe wiedergibt: III. Inkonstante Wärmezuführung. IV. Der normale Temperaturgradient zwischen der Außenseite und dem Innern der schmelzenden Beschickung. V. Zufällige Unregelmäßigkeiten der Temperaturverteilung. VI. Wärmezufuß durch das Thermolement. VII. Elektrisches Leitvermögen der Schmelze, wenn das Thermolement ungeschützt verwendet wird. VIII. Inhomogenität des Thermoelements. IX. Ungleichförmiges Kristallisieren (Seigern) der Beschickung. X. Strahlung durch die schmelzende Substanz. Alle diese Punkte werden

¹¹⁾ Zeitschr. f. anorg. Chem. 69 (1911), S. 305—330 und 331—352.

einzelnen studiert. Um die Inkonstanz der Wärmezuführung zu vermeiden, bringt WHITE ein zweites Thermoelement im Ofen neben dem Tiegel an, in dem das „Schmelzelement“ sich befindet, und kontrolliert durch dieses die Wärmezufuhr infolge der Heizung.

Durch genaue Befolgung der aus den Fehlerquellen sich ergebenden Regeln gelingt es dem Verf., auch oberhalb 800° noch Schmelzpunkte zu messen, die auf $0,05^{\circ}$ übereinstimmen. (Schluß folgt.)

F. Hoffmann, Charl., Phys.-Techn. R.-Anstalt.

Röntgenstrahlen. Untersuchungen über die räumliche Intensitätsverteilung der X-Strahlen hatte schon 1897 Röntgen angestellt und diese nahezu nach allen Richtungen gleichmäßig gefunden. Zu ähnlichen Ergebnissen führten Untersuchungen von Walter, während später Stark mit einer Kohlenantikathode eine verschiedene Intensitätsverteilung beobachtete. Auf Veranlassung Röntgens nahm W. FIEDRICH eine erneute Untersuchung mit einer Platinantikathode vor¹⁾. Es wurden dabei zwei Meßmethoden, die photographische und die Ionisierungsmethode, angewandt; beide führten zu ungefähr gleichen Resultaten. Danach erwies sich die Intensität der von einer Platinantikathode ausgehenden und durch eine überall 2 mm dicke Röhrenwand hindurchgegangene Strahlung als abhängig vom Azimut, d. h. von dem Winkel, den die Achse des die X-Strahlen erzeugenden Kathodenstrahlbündels mit der Achse eines X-Strahlenbündels bildet. Das Maximum der Intensität lag nicht senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Kathodenstrahlen, sondern war nach der Seite der Azimute kleiner als 90° verschoben. Je größer die Härte der Strahlen, desto größer war die Verschiebung. Der Intensitätsunterschied zwischen der Strahlung im Azimut 150° und der Strahlung im Azimut 80° betrug 20 Proz. Die Härte der Strahlen nahm mit abnehmendem Azimut zu. Bei Azimut 0° war die Intensität der durch 0,01 mm Aluminium durchgegangenen Strahlung ein Minimum.

Eine Beugung der Röntgenstrahlen hatten Haga und Wind geglaubt beobachten zu können, während spätere Untersuchungen von Walter und Pohl zu einem negativen Ergebnis führten, woraus sie auf eine Wellenlänge $< 10^{-9}$ cm schlossen (diese Zeitschr. XXII, 382). In beiden Fällen wurden die photographisch gemachten Aufnahmen

visuell mit dem Mikroskop beurteilt. P. P. KOCH gelang es, die Aufnahmen von Walter und Pohl photometrisch auszuwerten²⁾. Das geschah mit Hilfe eines etwas abgeänderten Hartmannschen Mikrophotometers. Durch einen geeignet engen Hilfsspalt wurde aus dem mit dem Mikroskopobjektiv entworfenen Bild der zu photometrierenden Platte ein Streifen herausgeblendet und das davon herrührende Licht dem im Vergleichsfeld liegenden, mit dem Okular betrachteten Silberstreifen eines Lummer-Brodhunschen Würfels diffus zugeführt. Dann wurde die Schwärzung der Platte in Abständen von 0,01 bis 0,005 mm in den willkürlichen Einheiten eines Vergleichskeiles gemessen. Die Kochschen Messungen suchte A. SOMMERFELDT zu verwerten und mit theoretischen Anschauungen über die Beugung zu vereinigen³⁾. Er ging von der Impulstheorie der Röntgenstrahlen aus, und nahm dazu noch an, daß der Bremsvorgang eines Kathodenstrahlelektrons durch das Plancksche Wirkungsquantum h reguliert werde. Auf Grund dieser Hypothese kann man je nach der Geschwindigkeit des gebremsten Elektrons einen bestimmten Wert der Impulsbreite (Wellenlänge der Strahlung) — wenigstens für den polarisierten Teil — berechnen und diesen Wert zugleich als untere Grenze für den unpolarisierten Teil ansehen. Der Verf. hat nun die Beugung eines einzelnen Impulses durch einen konvergierenden Spalt berechnet und das Ergebnis in Kurven gleicher Intensität graphisch aufgetragen. Zur Ergänzung diente ein von Wind selbst hergestelltes ideales Beugungsbild. Es wurde dann einerseits die rein geometrische Abbildung des von Walter und Pohl benutzten Spaltes — die der Wellenlänge $\lambda = 0$ entsprechen würde —, andererseits das theoretische Beugungsbild ermittelt, welches bei den gegebenen Dimensionen des Spaltes und der Strahlenquelle der Impulsbreite $\lambda = \frac{1}{2} \cdot 10^{-9}$ cm entsprechen würde. Dann wurden die Kochschen Messungen mit der theoretischen Intensitätsverteilung in beiden Fällen verglichen. Dabei ergaben sich beträchtliche Abweichungen zwischen den Kochschen Messungen und der rein geometrischen Abbildung, während jene mit der theoretischen Intensitätsverteilung für $\lambda = \frac{1}{2} \cdot 10^{-9}$ cm besser übereinstimmten. Die jedoch auch hier noch vorhandenen beträchtlichen Abweichungen liegen durchweg in dem Sinne,

¹⁾ Ann. d. Physik 39, 377 (1912).

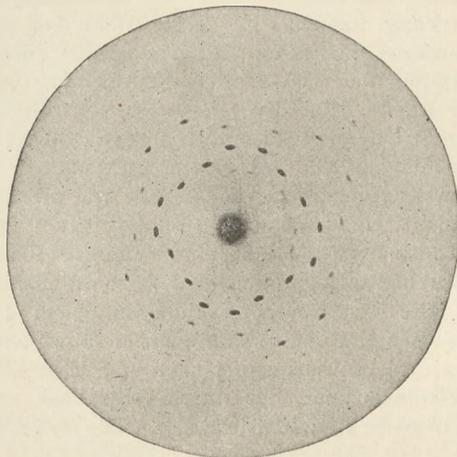
²⁾ Ann. d. Physik 38, 507 (1912).

³⁾ Ann. d. Physik 38, 473 (1912).

daß λ größer gewählt werden müßte, wenn man den besten Anschluß des theoretischen Bildes an die Messungen erzielen will. Eine etwas summarische Schätzung ergab $\lambda = 4 \cdot 10^{-9}$ cm.

Führten diese Untersuchungen über die Beugung nur zu sehr unbestimmten Ergebnissen, so hat M. LAUE in Verbindung mit W. FRIEDRICH und P. KNIPPING deutliche Interferenzerscheinungen von Röntgenstrahlen beim Durchgang durch Kristalle beobachten können⁴⁾. Nach der Theorie von Bravais sind in Kristallen die Atome in Raumgittern angeordnet. Ist dieses aber der Fall, so müssen Röntgenstrahlen, falls sie in elektromagnetischen Wellen bestehen, zu Interferenzerscheinungen, ähnlich den aus der Optik erkannten Gitterspektren, Anlaß geben. Die Konstanten der Raumgitter, d. h. die Abstände der Gitterspektren, lassen sich aus dem Molekulargewicht, der Dichte, der Zahl der Moleküle und den kristallographischen Daten der Substanz berechnen. Man findet für sie stets die Größenordnung 10^{-8} cm, während die Wellenlängen der Röntgenstrahlen nach den Ergebnissen der vorigen Arbeit von der Größenordnung 10^{-9} cm sind. LAUE entwickelte eine Theorie der zu erwartenden Interferenzerscheinungen und berechnete, unter welchen Bedingungen die von einem Atom des Raumgitters ausgehenden Schwingungen ein Intensitätsmaximum haben. Da es sich um ein dreidimensionales Gitter handelt, so erhält man drei Bedingungsgleichungen für das Maximum. In dem einfachsten Falle eines regulären Kristalls ergab sich, daß die Intensitätsmaxima einerseits auf zwei Scharen von Hyperbeln mit zu einander senkrechten Achsen, andererseits auf Kreisen liegen, deren Mittelpunkte im Durchstrahlungspunkt der primären Strahlen liegen. Auf einer senkrecht zur primären Strahlung aufgestellten photographischen Platte müssen dann auf den Stellen, die den Durchschnittspunkten der Kreise mit den beiden Hyperbelscharen entsprechen, Intensitätsmaxima auftreten. Die Versuche bestätigten die Folgerungen der Theorie in vollem Umfange. Ein schmales Bündel Röntgenstrahlen von etwa 1 mm Durchmesser durchsetzte den in einem Goniometer aufgestellten Kristall, um den in verschiedenen Richtungen und Abständen photographische Platten aufgestellt waren. Ein mit einem Kupfervitriolkristall gemachter Versuch ließ eine Reihe geordneter Flecken

beobachten, die beim Durchgang der Strahlen durch eine Schachtel mit Kupfervitriolpulver fehlten. Genauere Versuche wurden mit der regulären Zinkblende vorgenommen, von der eine parallel zu einer Würfelfläche geschnittene Platte von 10×16 mm Größe und 0,5 mm Dicke hergestellt wurde. Die Strahlen durchsetzten den Kristall senkrecht zur Würfelfläche. Die Lage der von den sekundären Strahlen erzeugten Flecke zeigt die Figur; der



Fleck in der Mitte ist der Durchstoßungspunkt der primären Strahlen. Die sekundären Flecke sind nach zwei Paaren senkrecht zueinanderstehender Symmetrieebenen geordnet. Die den Symmetrieverhältnissen des regulären Systems entsprechende Anordnung wurde auch gefunden, wenn die Strahlen auf eine Oktaederfläche fielen; die Symmetrie war dann dreizählig. Drehte man den Kristall um den primären Strahl, so drehte sich das Bild auf der Platte mit. Versuche mit einem Kupferkristall, mit Steinsalz und Diamant zeigte ähnliche Flecke. Die Härte der die Flecke hervorbringenden Strahlen war für Zinkblende und Diamant fast die gleiche. Aus den Versuchen dürfte hervorgehen, daß die sekundären Strahlen Wellennatur besitzen; und daraus muß man auf eine gleiche Natur der primären Strahlen schließen. LAUE unternahm auch eine quantitative Prüfung seiner Theorie, indem er für Zinkblende die Radien der von den Flecken gebildeten Ringe berechnete und gleichzeitig die Photogramme ausmaß. Die Übereinstimmung war sehr befriedigend. Für die Wellenlänge der die Flecke erzeugenden Strahlen erhielt der Verf. 1,27, 1,90, 2,24, 3,55 und $4,83 \cdot 10^{-8}$ cm, Werte, die sich wie 4:6:7:11:15 verhalten. Es sind also mehrere Strahlenarten vorhanden, wofür auch die Resultate der Härtemessungen sprechen.

⁴⁾ Sitzungsber. d. Münchener Akad. d. Wiss. 1912, S. 303, 363; Naturw. Rundsch. 27, 597 (1912).

Ob die durch Röntgenstrahlen bewirkte Ionisierung sich mit der Entfernung ändert, untersuchte E. W. B. GILL⁵⁾. Ein aus der Entladungsröhre kommendes Strahlenbündel gelangte durch eine in einem Bleikasten befindliche runde Öffnung in den Ionisierungsraum („Detektor“), dessen Ladung mit dem Elektrometer bestimmt wurde. Die Dimensionen des Detektors übertrafen noch in 100 cm Entfernung den Querschnitt des Strahlenbündels, so daß alle Strahlen zur Wirkung kamen. Es zeigte sich, daß die Ionisierung in 24 cm Entfernung fast genau dieselbe war wie in 98 cm Entfernung von der Anode. Bei divergierender Verbreitung der Strahlen ist hiernach die von Strahlen der Intensität I bei einem Luftvolumen V bewirkte Ionisierung die gleiche wie die von $I/16$ bei einem Volumen $16V$ bewirkte. Die Zahl der von der Volumeinheit erzeugten Ionen wäre hiernach proportional ihrer Intensität.

Die von Röntgenstrahlen in einem geschlossenen Gefäß mit dünnen Metallwänden bewirkte Ionisierung ist nach A. S. EVE sehr verschieden von der durch γ -Strahlen von RaC bewirkten Ionisierung⁶⁾. Die zylindri-

schen Gefäße von verschiedenen Metallen hatten die gleichen Dimensionen und eine Wanddicke von etwa $\frac{1}{2}$ mm. Die Ionisierung in den Gefäßen von Pb , Cu , Zn , Fe , Al betrug bei Röntgenstrahlen 1,8, 82, 111, 100, 126, bei γ -Strahlen 100, 69, 69, 68, 58. Man ersieht, daß bei Röntgenstrahlen die Gefäße aus schwereren Metallen eine geringere Ionisierung zulassen als die Gefäße aus leichteren Metallen, während bei γ -Strahlen das umgekehrte der Fall ist. Der Verf. erklärt diese Verschiedenheit aus Braggs Theorie der Ionisation. Die Röntgenstrahlen erzeugen Elektronen von der Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen hauptsächlich in der Luft der Gefäße selbst, während die Wände sie — je schwerer sie sind, um so mehr — absorbieren. Die γ -Strahlen ionisieren durch Elektronen von der Geschwindigkeit der β -Strahlen, die hauptsächlich von den Gefäßwänden ausgehen und wegen ihrer großen Weglänge noch mehrfach reflektiert werden; die durch diese bewirkte Ionisierung nimmt dann — wie auch andere Versuche gezeigt haben — mit dem Atomgewicht der Substanz zu.

Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Friedrich Wöhler und K. F. Klöden in ihrem Verhältnis zu den chemischen Schülerübungen. (Originalbericht.) Es ist im allgemeinen wenig bekannt oder wird in der Geschichte der Chemie gering bewertet, daß WÖHLER etwa 6 Jahre lang, von seinem 25. bis 31. Lebensjahr, an der „Städtischen Gewerbeschule“ in Berlin — der nachmaligen „Friedrichs-Werderschen Oberrealschule“ — als Lehrer der Chemie gewirkt hat. Und doch hat der chemische Unterricht der höheren Lehranstalten alle Ursache, hieran ein lebhaftes Interesse zu nehmen. An dieser altberühmten, im Jahre 1824 nach eigenartiger Plane gegründeten Anstalt, deren langjähriger Leiter der bekannte Geognost K. F. KLÖDEN war, wurde die Chemie — wie wir den sehr lehrreichen, umfänglichen, alten Programmen der Städtischen Gewerbeschule entnehmen — anfangs von dem jungen „Professor Dr. [Heinrich] ROSE“ erteilt, und zwar in drei wöchentlichen Lehrstunden. ROSE mußte jedoch diesen Unterricht schon Ostern 1825 wegen seiner Lehrtätigkeit an der Universität wieder aufgeben. An seine Stelle trat „Dr. med. FRIED-

RICH WÖHLER“, der gerade aus Schweden, wo er ein Jahr lang unter BERZELIUS gearbeitet hatte, zurückgekehrt war. Hieß es in dem Progr. 1825 vom chemischen Unterricht unter ROSE nur, daß die Schule bereits „die meisten erforderlichen Instrumente, Gerätschaften, Reagenzien . . .“ besitzt, „so daß der Unterricht mit einer fortgesetzten Reihe von Versuchen begleitet werden kann“ (S. 67), so heißt es nach dem ersten Jahre von WÖHLERS Tätigkeit (Progr. 1826, S. 86), und zwar von seinem Unterricht im 2. Halbjahr: „Chemie in der ersten Abteilung: Die Alkalien und Erden, die Salze und Metalle und ihre Verbindungen . . . mit den dazugehörigen Experimenten, unter Hinweisung auf die Gewerbe, welche davon Anwendung machen. 3 Stunden. Außerdem Beschäftigung der Schüler im Laboratorio in besonderen Stunden.“ Und im Progr. 1827 (S. 66, 67) heißt es von WÖHLERS Unterricht in der „Sekunda“: „Chemie, 3 Stunden. Ausführlicher Cursus“ und in der „Prima“: „Chemie, 2 Stunden, verbunden mit praktischen Übungen im chemischen Arbeitszimmer.“ Und an anderer Stelle (S. 72) berichtet KLÖDEN: „Auch der chemische Apparat der Schule ist . . . nicht ohne Vermehrung an Werkzeugen . . . ge-

⁵⁾ Phil. Mag. 23, 114 (1912).

⁶⁾ Phil. Mag. 24, 432 (1912).

blieben. Ich gedenke dabei zugleich einer Sammlung chemischer Präparate, welche von den Zöglingen selbst im Arbeitszimmer zur Übung dargestellt wurden und fortgesetzt werden sollen. Diese Sammlung wird nach und nach alle chemischen Verbindungen umfassen . . .“ Dann heißt es im *Progr. 1828* (S. 99) bei der „Ersten Klasse“: „Chemie, 2 Stunden. Es wurde im letzten Halbjahr die organische Chemie vorge- tragen, durch Experimente veranschaulicht, und außerdem wurden die Schüler praktisch im Laboratorium beschäftigt.“ *Progr. 1829* (S. 106) wird berichtet, daß WÖHLER „bleibend und als zweiter ordentlicher Lehrer“ angestellt wird, und daß der König ihn zum „Professor bei der Gewerbeschule“ ernannt habe (WÖHLER zählte damals 28 Jahre); ebenda heißt es zum erstenmal, daß sich an die praktischen Übungen „auch ein Teil der Schüler der zweiten Klasse anschloß“. — Ganz besonders bemerkenswert sind die Ausführungen im *Progr. 1830* (S. 120): „Chemie, 2 Stunden. — Die organische Chemie, sowohl Pflanzen- als Tierchemie. Daran knüpften sich die in besonderen Stunden des Mittwochs und Sonnabends Nachmittags stattfindenden praktischen Beschäftigungen der Schüler im Laboratorium, an welchen auch Schüler der zweiten Klasse teilnehmen. Diese Übungen haben nicht allein den Zweck, die jungen Leute durch eigene Anschauung und Handanlegung mit den chemischen und physikalischen Erscheinungen, mit den Eigenschaften der Körper usw. vertrauter zu machen, sie darüber aufzuklären und sie ihrem Gedächtnisse sicherer einzuprägen, sie haben auch noch vorzüglich den Nutzen, die jungen Leute durch eigenes Anfassen, eigenes Zusammenstellen und Erfinden von Apparaten und Ausführen von Versuchen in einer gewissen mechanischen Fertigkeit und Gewandtheit im Gebrauche ihrer Hände zu üben, die ihnen nachher in jedem Lebensverhältnisse zustatten kommen kann. — Zu diesen Arbeiten werden vorzüglich solche Gegenstände gewählt, die sich zugleich auf den kürzlich vorausgegangenen Unterricht . . . beziehen. — Prof. Dr. WÖHLER.“

Es ist anzunehmen, daß diese bedeutsamen Ausführungen von WÖHLER selbst stammen, mindestens aber auf Grund der Angaben WÖHLERS aufgesetzt wurden. Man erkennt: Wert und Eigenart der praktischen Schülerübungen sind hier bereits bis zur Wurzel klargelegt.

Im gleichen Jahre (1830, S. 124) berichtet KLÖDEN noch über das „neuerbaute chemische Laboratorium“, daß es mit „den nötigen Gerätschaften, Öfen, Kapellen usw., sowie mit den notwendigen Stoffen vollständig versehen sei; er schließt: „Es ist jetzt für alle Arten chemischer Arbeiten eingerichtet.“ 1831 (*Progr.*, S. 87) übernimmt WÖHLER auch noch die „Chemische Technologie“ (2 Stunden), und zwar „mit Exkursionen in die vorzüglichsten hierzu geeigneten Werkstätten“. (Die „Mechanische Technologie“ nebst zugehörigen Exkursionen übernahm zu gleichem Zeitpunkt KLÖDEN selbst; vorher lag die ganze Technologie in der Hand eines anderen Lehrers, war aber schon von Anfang an mit Exkursionen verknüpft.) 1832 schlägt die Scheidestunde. WÖHLER wird nach Kassel berufen, um bei der Errichtung des Polytechnischen Instituts mitzuwirken; es heißt (*Progr. 1832*, S. 75): „Mit Bedauern verliert ihn die Anstalt. Sein Wert als ausgezeichnete Chemiker ist der wissenschaftlichen Welt bekannt . . .“ usw.

Aus allem geht hervor, daß FRIEDRICH WÖHLER in der Geschichte der chemischen Schülerübungen ein hervorragender Platz gebührt, wenn wir ihn auch nicht direkt als deren Begründer bezeichnen können. Denn es darf nicht übersehen werden, daß der ganze Plan zur Organisation der Gewerbeschule von KLÖDEN ausging. Sein weit-schauender und praktischer Blick zeigte ihm die dringende Notwendigkeit einer höheren, von dem Gymnasium durchaus abweichenden Schulart. Die Darlegungen seines Programms im ersten Jahresbericht (1825, S. 1...63) zeugen von den außerordentlichen Gaben dieses Schulmannes und enthalten vielfach hochmoderne Gedanken. Hinsichtlich der Chemie heißt es dort (S. 50, 51): „Auch diese Wissenschaft soll gründlich und ausführlich gelehrt werden . . . Der Vortrag muß ebenfalls experimentierend sein, und jede wichtigere Lehre durch einen Versuch bewiesen, jede wichtige Verbindung oder Trennung dargestellt werden. Wie sehr auch hierdurch die sinnliche Wahrnehmung geübt und das Beurteilungsvermögen gestärkt wird, fällt in die Augen. Die Zöglinge müssen zugleich angeleitet werden, einfache Versuche selber anstellen zu können . . . so, wie denn überhaupt eine Anweisung zum Gebrauche der Reagenzien und eine Anleitung zu einfachen Analysen an ihrer Stelle sein werden.“ — So ist also die ganze Idee der chemischen Schülerübungen bei KLÖDEN zu

suchen, und dieser fand in WÖHLER den Mann der Tat. Die Ausgestaltung der Übungen im einzelnen und ihre Einfügung in den übrigen Unterricht ist wiederum als WÖHLERS eigenstes Werk zu betrachten. Hingegen sind die nicht nur für den Unterricht, sondern auch in verschiedener anderer Hinsicht, z. B. in sozialer, so wertvollen technologischen Exkursionen auf die Initiative KLÖDENS zurückzuführen. Daß KLÖDEN in der grundlegenden Frage der Schülerübungen durch LIEBIGS auf die praktischen Übungen gerichtetes Vorgehen in Gießen beeinflusst worden sei, erscheint ausgeschlossen; denn KLÖDENS ganzer Plan, — über den er schon Ostern 1824 ausführlich berichtete, der also 1823 im Manuskript fertiggestellt und noch viel früher konzipiert sein mußte —, liegt zeitlich vor dem Beginn der maßgebenden Tätigkeit LIEBIGS in Gießen. Und daß WÖHLER beim Einrichten der Übungen sich nach LIEBIGS Vorbild richtete, ist nach allem ebenfalls unwahrscheinlich, zumal die erste Schultätigkeit WÖHLERS in eine Zeit fällt, wo er, den später die innigste Freundschaft mit LIEBIG verband, noch mit diesem halb auf dem Kriegsfuße stand. Worin das Ver-

dienst LIEBIGS — auf den allein zuweilen die Schaffung praktischer Laboratoriumsübungen zurückgeführt wird — auch um die chemischen Übungen der höheren Schulen besteht, ist im Anfange des weiter unten (S. 54) folgenden Berichtes über „die Entwicklung der chemischen Schülerübungen“ kurz angedeutet. — So hat jeder, der am chemischen Unterricht Interesse nimmt, Ursache, auch der Leistungen der beiden erstgenannten Männer in Dankbarkeit zu gedenken. Wenn wir noch die Tatsache ins Auge fassen, daß nach dem Muster der Berliner Gewerbeschule alsbald eine größere Reihe solcher Schulen entstanden, so steigt KLÖDENS Verdienst um die Verbreitung der chemischen Schülerübungen und der technologischen Exkursionen noch um ein weiteres. Andreerseits können wir vom Standpunkt des chemischen Unterrichts aus auch darauf stolz sein, daß die marksteinbildende Entdeckung WÖHLERS von der Entstehung des Harnstoffs aus dem Ammoniumcyanat — auf welche LIEBIG das Wort von der „Morgenröte eines neuen Tages“ anwandte — ganz in die Zeit seiner Berliner Schultätigkeit fiel.

O. Ohmann.

4. Unterricht und Methode.

Die neuen Lehrpläne für Realanstalten im Großherzogtum Baden. Die Pläne sind im Schulverordnungsblatt für das Großherzogtum Baden vom 12. Juli 1912 veröffentlicht.

1. Realgymnasien mit neusprachlichem Unterbau (Reformrealgymnasium). Die Stundenverteilung für die Naturwissenschaften ist folgende:

	VI	V	IV	U III	O III	U II	O II	U I	O I	Summa
Naturgeschichte	} 2	} 2	} 2	} 3	} 3	} 3	—	—	—	} 29
Physik							2	3	3	
Chemie und Biologie . . .							2	2	2	

In den Klassen VI, V und IV soll neben der Naturgeschichte Einzelnes aus Physik und Chemie behandelt werden, nämlich der Kreislauf des Wassers; chemische [?] Eigenschaften des Wassers, Lösung, Filtrieren, Destillieren; Thermometer, Temperatur; Einwirkung der Wärme auf die Größe der Körper und auf die Menge der löslichen Stoffe. — Die Bewegungen und Erscheinungen der Lufthülle; Eigenschaften einiger Gase, soweit sie für das organische Leben von Wichtigkeit sind, insbesondere Sauerstoff und Kohlensäure.

Beschreibung einzelner Mineralien und Gesteine. — In U III treten hierzu noch zusammenhängende Thermometer- und Barometerbeobachtungen, nebst Erklärung der ihnen zugrunde liegenden Erscheinungen „soweit möglich“. Kommunizierende Röhren, Haarröhrchen; Artgewicht [= spezifisches Gewicht]; Zusammensetzung der Luft; Be-

schreibung einzelner Gesteine. — In O III ist neben Zoologie und Botanik zu behandeln: das Auge (Spiegel, Linse, Mikroskop, Regenbogen); Wärmemenge (Öfen), spezifische oder Artwärme [!], Schmelz- und Verdampfungswärme (Niederschläge), Dampfmaschine. — In U II neben dem Abschluß von Zoologie und Botanik der Mensch, und aus der Physik: Reibungselektrizität (Gewitter) und Hauptwirkungen des elektrischen Stroms.

In O II Physik 2 Std. Druck in Flüssigkeiten und Gasen: „Artgewicht“, Anwendungen,

Boyle-Mariottes Gesetz. — Messende Wärmelehre: Ausdehnungskoeffizient, Gesetz von Gay-Lussar, c_p und c_v für Gase, Gasverflüssigung, Schmelz- und Verdampfungswärme und Luftfeuchtigkeit, kritische Temperatur. — Elektrizitätslehre: Gesetze von Ohm und Kirchhoff; Elektrische Induktion; Dynamomaschine für Gleich- und Wechselstrom. — Lehre vom Licht; Messung der Lichtstärke; Theorie der optischen Instrumente; Spektralanalyse.

Chemie 2 Std. Stoffgemenge (Lösungen) und chemische Verbindung sowie Trennung (Elemente). Sauerstoff und Wasserstoff (Wasser); Verbindungsgewichte und Atomtheorie; Salzbildner und Salze (Säuren und Basen); Schwefel; Erdalkalien; Atom- und Molekulargewichte; Stickstoff; Kiesel (Silikate). Grundlagen der Stein- und Kristallkunde.

In *UI* Physik 3 Std. Mechanik: Gleichförmige und gleichförmig veränderte Bewegung (Fall, Wurf). Massen- und Kraftbegriff; Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften (Schwerpunkt, einfache Maschinen); Zentralbewegung, Pendel. — Wellenlehre: Schwingung, Welle; Bestimmung der Größen in $c = n\lambda$ für die Schall-, Licht-

bisher induktiv gewonnenen Gesetze. — Allgemeine Geologie: Erdgeschichte. Hierzu noch Biologisches.

Praktische Übungen in Physik, Chemie und Biologie werden für freiwillige Teilnehmer in besonderen Stunden veranstaltet.

Es läßt sich nicht verkennen, daß der Plan den Eindruck einer gewissen Zerrissenheit des Stoffs macht; dieser Eindruck wird durch die stichwortartige Aufzählung noch erhöht. Besonders auffällig ist, daß die Mechanik auf der Unterstufe sehr kümmerlich bedacht ist, und daß der Arbeitsbegriff erst in der obersten Klasse auftritt. Es wird für die Fachlehrer nicht leicht sein, an der Hand dieses Planes die Schüler durch alles Eklektische hindurch zur Einsicht in die großen Zusammenhänge und in die logische Ordnung des Stoffs zu führen. Dies ist um so mehr erforderlich, als der Unterricht „in ein Weltbild auslaufen soll, in dem neben der Stellung der Erde im Weltganzen, neben der Geschichte der Erdrinde und der Entwicklung der organischen Welt auf ihr der Mensch in seinen körperlichen Beziehungen, aber auch in den Grundlagen seines Denkens und Erkennens Platz findet“. (S. 150).

2. Der Lehrplan für Oberrealschulen und Realschulen zeigt folgende Stundenverteilung.

	VI	V	IV	UIII	OIII	UII	OII	UI	OI	Summa		
Erdkunde	2	2	2	2		—	—	—	—	44		
Naturgeschichte (Biologie)	2	2	2	2	5	5	3	3	3			
Chemie mit Mineralogie und Geologie }	—	—	—	—								
Physik	—	—	—	—							3	3

und elektrischen Wellen (Interferenz, Beugung, Polarisation).

Chemie 2 Std. Kohlenstoff und Carbonate. Kohlenwasserstoffe (Methan, Leuchtgas, Flamme), Alkohole, Äther, Essig, Kohlehydrate, Stärke, Zucker, dazu Biologisches über Bewegung, Ernährung, Empfindung.

In *OI* Physik 3 Std. Erhaltung und Umwandlung der Energie: Arbeits- und Effekteinheiten; kinetische Energie beim Fall; Stoß. Wärme zur Arbeit (Theorie der Dampfmaschine). Die magnetischen und elektrischen Einheiten; Stromwärme, Thermoelektrizität, Theorie der Induktion. — Astronomisches: Gestalt, Größe und Bewegungen der Erde. Zeitrechnung, Kepler'sche Gesetze, allgemeine Schwere.

Chemie und Geologie 2 Std. Allgemeine Chemie: Zusammenstellung der

Die Verteilung des Lehrstoffs ist in *VI* bis *UIII* ebenso wie an den Realgymnasien. In *OIII* ist für Physik angesetzt: das Wichtigste aus der Lehre von der Wärme, dem Licht und dem Schall; für Chemie: Zusammenfassende Beschreibung der wichtigsten Mineralien und Gesteine; die Haupttatsachen der Geologie. — In *UII* für Physik: Reibungselektrizität, Hauptwirkungen des elektrischen Stroms; das Wichtigste aus der Mechanik der starren, flüssigen und luftförmigen Körper [dieser letztere Abschnitt fehlt an den Realgymnasien ganz]; für Chemie: Qualitative und quantitative Beziehungen einer kleineren Zahl von Elementen; chemisches Äquivalent (auf rein experimentellem Wege zu ermitteln). Wesen der Säuren, Basen und Salze nach ihren qualitativen und quantitativen Wechselbeziehungen; Oxydation,

Reduktion und allgemeine Lösungserscheinungen.

In *O II* Physik: Grundbegriffe der Mechanik; Lehre von der Wärme und vom Licht (sog. geometrische Optik). — Chemie: Nichtmetalle und Leichtmetalle im Zusammenhang mit chemischer Technologie. Volumen-, Atom- und Molekulargewicht der Gase und ihr Zusammenhang. Elektrische Dissoziation; periodisches System.

In *U I* Physik: Statische Elektrizität, Galvanismus, Elektrodynamik. Zentralbewegungen. — Chemie: Schwermetalle und ihre Technologie, die einfachsten Vertreter aus der Reihe der Alkohole, organische Säuren, Äther und Kohlenwasserstoffe in ihrem Zusammenhang und ihrer Bedeutung für technologische und physiologische Vorgänge.

In *O I* Physik: Pendel, Sinusschwingungen, Wellenbewegung. Elektrische Schwingungen, Schall, Optik. Kosmographie. — Chemie: Geologie.

Für die Schülerübungen und das Ziel des gesamten Unterrichts gelten dieselben Bestimmungen wie an den Realgymnasien. Die Verteilung des Stoffs erscheint in Physik wie in Chemie systematischer als an den Realgymnasien. Die Trennung der Mechanik in mehrere Abschnitte entspricht einem auch schon in den Meraner Lehrplänen aufgetretenen Vorschlage. In den „Bemerkungen“ ist dazu noch gesagt: Die Schüler sollen sich in *O II* mit Hilfe der elementaren Vorstellungen von Bewegung,

Beispielen ist die Bedeutung der Hypothese als eines Arbeitsmittels klar zu legen.“

In betreff der Stundenzuteilung wird schließlich noch bestimmt, daß der Physik in *O III* und *U II* je zwei, der Biologie in den oberen Klassen je eine Stunde zuzuweisen ist. —

Die Stundenzahl für die gesamten Naturwissenschaften ist gegen den Lehrplan von 1895 um 3 Stunden vermehrt, die aber ausschließlich der Biologie zugute kommen.

Aus dem Lehrplan für Mathematik sei erwähnt, daß die darstellende Geometrie als besonderes Fach aufgegeben ist; andererseits sollen die aus der Analysis und der analytischen Geometrie genommenen Abschnitte den Schüler dazu führen, „daß er zu erkennen vermag, wie die Entwicklung des ganzen Bereichs der Naturwissenschaften nur durch die Benutzung mathematischer Gedanken und Vorstellungen, insbesondere der Gedanken der Infinitesimalrechnung möglich und die Mathematik zur Trägerin naturwissenschaftlicher Erkenntnis geworden ist“. Man erkennt hierin unschwer den Einfluß moderner, auf die Reform des mathematischen Unterrichts gerichteter Bestrebungen. P

Die neuen Lehrpläne für höhere Schulen in Württemberg. Die Pläne sind im Amtsblatt des Kgl. Württemberg. Ministeriums des Kirchen- und Schulwesens vom 30. August 1912 veröffentlicht.

1. An den *Gymnasien* ist folgende Stundenverteilung vorgesehen:

	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	Summa
Naturgeschichte	2	2	2	—	—	—	—	2	2	10
Physik und Chemie	—	—	—	—	—	2	2	2	—	6

Beschleunigung, Kraft usw. die mechanischen Vorstellungen von gleichförmiger und beschleunigter Bewegung herausarbeiten; in *U I* schließen sich die Betrachtungen an, welche die Kenntnis der allgemeinen Rotationsbewegungen zur Voraussetzung haben, und die Klasse *O I* schließt mit dem ab, was als Bewegung im elastischen Mittel aufgefaßt wird und sich an Pendelbewegung und Sinusbewegung anschließt“.

Aus dem übrigen Inhalt der „Bemerkungen“ sei noch folgendes hervorgehoben: „Es muß den Schülern der Unterschied zwischen Erfahrungstatsachen und feststehenden wissenschaftlichen Wahrheiten einerseits und Hypothesen andererseits klar werden. Angeeigneten

Von den 6 Std. für Physik und Chemie sind die 2 Std. in *VI* für Chemie bestimmt, es bleiben also für Physik insgesamt 4 Std., je 2 in *VII* und *VIII* übrig. Diese kümmerliche Berücksichtigung der Physik muß gerechte Verwunderung erregen. Die Lehrvorschriften beschränken sich denn auch auf die Empfehlung einer zweckmäßigen Auswahl des Stoffes unter Verzicht auf eine eingehende mathematische Behandlung; es ist nicht recht abzusehn, wie die Schüler dabei zu einer „einheitlichen Auffassung der physikalischen Erscheinungen“ gelangen sollen. Für die Chemie in *VI* ist ein propädeutischer Kurs von der üblichen Abgrenzung vorgeschrieben; die dafür angesetzte Zeit ist doppelt so groß

als die an preußischen Gymnasien im Höchstfall zur Verfügung stehende.

2. Für die *Realgymnasien* ist nachstehende Stundenverteilung angeordnet:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Summa
Naturgeschichte	2	2	2	2	1	—	—	2	2	13
Physik	—	—	—	—	2	2	2	2	2	10
Chemie	—	—	—	—	—	2	2	—	—	4

Die Gesamtzahl der Stunden ist gegen 1904 um 6 Std. erhöht worden, doch ist für eine Realanstalt die Zahl der Physik- und Chemiestunden noch immer recht gering; sie beträgt in der Physik nicht mehr als an vielen Preußischen Gymnasien, denen dafür freilich die Biologie auf der Oberstufe fehlt.

3. Für die *Oberrealschulen* gilt folgender Lehrplan:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Summa
Naturgeschichte	2	2	2	2	1	1	1	2	2	15
Physik	—	—	—	—	2	1	2	2	3	10
Chemie	—	—	—	—	—	2	2	2	—	6

Auch hier hat gegen den vorhergehenden Plan von 1903 eine Vermehrung der Stunden, in Naturgeschichte um 1, in Physik und Chemie um 5 stattgefunden. Dies ist hauptsächlich dadurch erreicht, daß die Mathematik, die allerdings an Hypertrophie litt, um insgesamt 10 Std. verkürzt worden ist. Doch ist der hierdurch erzielte Gewinn nur zu einem Teil der Naturwissenschaft zugute gekommen die Stundenzahl für Physik geht selbst hier nicht wesentlich über die an preußischen Gymnasien erreichbare hinaus, während sie gegen die preußischen Oberrealschulen für die Naturwissenschaften insgesamt noch um 5 Std. zurückbleibt.

Die Lehraufgaben für Physik schreiben in V und VI eine propädeutische Behandlung vor. Dann folgen (übereinstimmend für R.-G. und O.-R.) in VII: Die wichtigsten Kapitel aus der Mechanik; freier Fall; Grundbegriffe der Dynamik und Energetik; Wärme. — In VIII: Harmonische Schwingung; Wellenlehre; Akustik und Optik. — In IX: Ergänzungen zur Dynamik; absolutes Maßsystem; Zentralbewegung; Pendelgesetze; Magnetismus und Elektrizität. Zusammenfassender Rückblick auf die Gesamtheit der Energieverwandlung.

In den Vorschriften über das Lehrverfahren ist an die Spitze der Grundsatz I der

Meraner Vorschläge gestellt, daß die Physik nicht als Zweig der angewandten Mathematik, sondern als Naturwissenschaft zu behandeln sei; die mathematische Behandlung soll sich

auf die grundlegenden Entwicklungen beschränken und alle formellen Schwierigkeiten vermeiden. Auf der Oberstufe ist „den großen systematischen Zusammenhängen nachzugehen und zu einer einheitlichen Auffassung der Gesamtheit der physikalischen Erscheinungen hinzuleiten“. Aufgabe dieser Stufe sei es auch, „die logischen und psychologischen Grundlagen der Physik zu besprechen, die

angewandten Methoden zu diskutieren, die Genauigkeit der Beobachtung zu erörtern und auf die Grenzen der Naturerkenntnis hinzuweisen.“ Gerade in an betracht dieser besonders für die O.-R. überaus wünschenswerten Aufgaben wäre es aber erforderlich, daß dem Unterricht eine größere Stundenzahl zugewiesen würde; diese guten Dinge brauchen Zeit und Ruhe.

Die Lehraufgaben für Chemie umfassen einen vorbereitenden Lehrgang in VI, an diesen schließt sich an den R.-G. in VII, an den O.-R. in VII und VIII der Hauptlehrgang an, der auch eine Übersicht der wichtigsten Mineralien und ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie umfaßt. Die Geologie ist der Naturgeschichte ($\frac{1}{4}$ Jahr in IX) zugewiesen.

Die naturwissenschaftlichen Schülerübungen sind in einem besonderen Abschnitt behandelt; sie sollen fakultativ sein, in der Regel soll 12 als Höchstzahl der Teilnehmer nicht überschritten werden. Kommen alle drei Arten von Übungen (in Physik, Chemie und Biologie) zustande, so sollen die Übungen in einem Fach zunächst auf eine Klasse beschränkt sein; wo nicht alle drei Arten zustande kommen, können etwa die physikalischen Übungen mit denselben Schülern durch zwei Klassen hindurchgeführt werden.

Für die physikalischen Übungen werden folgende Anhaltspunkte gegeben: Quantitative Messungen an einfachen Apparaten. Bestätigung allgemeiner Gesetze (z. B. des Gesetzes von Coulomb). Bestimmung physikalischer Konstanten (spezifisches Gewicht, Leitungswiderstände). Graphische Darstellung funktionaler Zusammenhänge auf Grund von Messungsergebnissen.

Für die chemischen Übungen: Handhabung einfacher Apparate und Geräte. Verbindung und Trennung von Stoffen; Herstellung einfacher Präparate. Quantitative, besonders gasvolumetrische und maßanalytische Bestimmungen. Reaktionen der wichtigsten Ionen. Elektrolytische Dissoziation. Osmose. Versuche mit organischen Stoffen. Übungen im Bestimmen von Mineralien. P.

Die Entwicklung der chemischen Schülerübungen. (Originalbericht.) Vom Standpunkt des Unterrichts aus wird es immer das bedeutsamste Blatt im Ruhmeskranze LIEBIGS bleiben, daß er mit klarem Blick erkannte, wie gerade für das Eindringen in die Chemie praktische Laboratoriumsübungen besonders notwendig sind, und daß er — aus dürftigen Anfängen heraus und nicht ohne schwere Kämpfe — die ersten Arbeitsstätten für praktische Übungen geschaffen hat. Kurz nachdem er die fabelhaft frühzeitig erlangte Professur in Gießen angetreten hatte (1824), richtete er in einem verlassenen Wachtgebäude das erste chemische Universitäts-Laboratorium ein, dessen Hauptarbeitsraum nur 38 qm umfaßte, und dessen erste Vergrößerung im Jahre 1835, dessen letzte 1839 erfolgte*). Wenn auch diese Arbeitsstätten, nach deren Muster bald in vielen Universitätsstädten weitere errichtet wurden, nur für die Ausbildung der Chemie-Studierenden bestimmt waren, so sind sie doch auch für die Errichtung von Schullaboratorien von großer Bedeutung geworden. Das eigentliche Entstehen praktischer chemischer Übungen in den höheren Schulen ist jedoch — wie wir an anderer Stelle dieser Zeitschrift (dieses Heft, S. 48) glauben nachgewiesen zu haben — nicht unmittelbar auf LIEBIG zurückzuführen. Das Verdienst LIEBIGS auch um diese Übungen ist vielmehr darin zu suchen, daß er durch seine großartige Initiative auf akademischem Gebiet in außerordentlichem Maße dazu beigetragen hat, daß der ganze Gedanke,

die ganze Wertschätzung der praktischen Übungen so schnell durchgedrungen ist.

Weniger bekannt und beachtet ist die Tätigkeit, die F. WÖHLER auf dem Gebiete der chemischen Laboratoriumsübungen entfaltet hat. Wie an der eben erwähnten Stelle (S. 49) näher ausgeführt wird, ist WÖHLER, der in den 1820er Jahren an der „Städtischen Gewerbeschule“ in Berlin wirkte, und ebenso K. F. KLÖDEN, der das Direktorat dieser Schule innehatte, ein hervorragender Anteil an der Ausbildung und Entwicklung der chemischen Schülerübungen zuzuschreiben. Jedenfalls wurde bereits an dieser ersten und an anderen bald darauf entstehenden „Gewerbeschulen“, aus denen in der Folge die „Oberrealschulen“ hervorgingen, in ziemlichem Umfange chemisch praktisch gearbeitet. In ähnlicher Weise wurden an den „Realschulen erster Ordnung“, die später in „Realgymnasien“ umgewandelt wurden, chemische praktische Übungen betrieben. Den jetzt so sehr in Aufnahme gekommenen physikalischen Schülerübungen gegenüber besitzen daher die chemischen den Vorzug der Tradition; chemische Schülerübungen waren es, die zuerst zeigten, von welchem Werte die praktische Betätigung der Schüler sein kann. Gerieten auch diese Schülerübungen mehr und mehr auf die falsche Fährte der einseitigen Analyse, so wurde doch durch sie der Blick für das Praktische geschärft, die manuelle Geschicklichkeit gefördert, kurz, die chemischen Schülerübungen bildeten den ersten Arbeitsunterricht auf naturwissenschaftlichem Gebiete.

Sowohl in dieser Zeitschrift wie auch seitens der Deutschen Unterrichtskommission wurde dann lebhaft für die Abkehr von dem ausschließlichen Betrieb der Analyse eingetreten und der engere Anschluß der chemischen Übungen an den Klassenunterricht gefordert. In gleicher Weise wirkten die auf praktische Betätigung der Schüler hinarbeitenden Bestrebungen in England und Amerika, die sich zuerst gerade auf chemischem Gebiet geltend machten, auf eine größere Ausbreitung und auf eine Umgestaltung der chemischen Schülerübungen in Deutschland hin. In welchem Umfange die chemischen Schülerübungen im Jahre 1906 an den Realanstalten vertreten waren, wurde durch eine Umfrage der Unterrichtskommission festgestellt; man vergleiche deren Bericht 1907 (Leipzig, W. Vogel) S. 76 ff. Die dort angeführte Zahl — 100 von 147 befragten Anstalten — wird sich jedoch inzwischen er-

*) Vgl. „Justus von Liebig“ von J. Volhard, Bd. I, S. 57 ff.

heblich vergrößert haben, und zwar hauptsächlich infolge des Ministerialerlasses vom 13. Juni 1910, der den Wert der chemischen Schülerübungen stark betont, und demzufolge die Einrichtung solcher Übungen an Realanstalten überall da anzustreben ist, wo diese noch nicht vorhanden sind. Auch eine größere Reihe von Leitfäden für die chemischen Laboratoriumsübungen und von ähnlichen Werken, die mehr oder weniger deutlich den Umschwung in Betrieb und Stellung der chemischen Schülerübungen erkennen ließen, konnte in dieser Zeitschrift näher besprochen werden. In dieser Hinsicht sei besonders auf die Artikel des Ref. „Chemische Schülerübungen“ [XXI, 200], „Die Schülerübungsfrage im chemischen Unterricht“ [XXI, 404] und „Neuere Fortschritte der chemischen Methodik“ [XXV, 189]). Zumal das in dem letzterwähnten Bericht näher gekennzeichnete „Vorbereitungsbuch“ von K. SCHEID enthält eine große Zahl von chemischen Schülerversuchen, die mehr oder weniger leicht in den Gang des sonstigen Unterrichts eingeflochten werden können.

Hand in Hand mit dieser Umgestaltung der chemischen Schülerübungen geht das Bestreben des Hochschulunterrichts, mehr und mehr Kurse einzurichten, in denen nicht die Analyse, sondern die Übung im Experimentieren, insbesondere im Schulexperiment, gepflegt wird. Auch auf diesem Gebiete hat die Deutsche Unterrichtskommission segensreich gewirkt (vgl. den eingehenden Bericht des Ref. „Über den chemischen Hochschulunterricht für Lehramtskandidaten“, diese Zeitschr. XIX, S. 312...318). Wenn wir auch an dieser Stelle dafür eintreten müssen, daß die letzte Ausbildung der Lehramtskandidaten im methodisch gearteten Schulexperiment am besten in der Hand erfahrener Oberlehrer liegt, so sind doch die Vorbereitungen hierzu auf der Hochschule von großem Wert. Als Niederschlag einer etwa achtjährigen Betätigung in solchen Hochschulkursen hat M. DITTRICH, Prof. an der Universität in Heidelberg, ein Buch „Chemische Experimentierübungen für Studierende und Lehrer“ herausgegeben, das in trefflicher Weise in das Schulexperiment einführt, und das auch eine große Reihe einfacher Versuche aus der anorganischen und organischen Chemie enthält, die sich für die chemischen Schülerübungen nutzbar machen lassen*).

Die Erkenntnis, daß chemische Schülerübungen und chemischer Klassenunterricht in engstem Zusammenhange stehen und sich gegenseitig befruchten müssen, bricht sich immer mehr Bahn, und so dürfte es zurzeit nur noch ganz vereinzelt Anstalten geben, in denen der alte Betrieb der Analyse weiter aufrecht erhalten wird; und daß es noch eine Anstalt gibt, in der chemischer Klassenunterricht und chemischer Laboratoriumsunterricht nicht in einer Hand liegen, erscheint ganz ausgeschlossen. Als ein Zeichen dafür, welche schnelle Fortschritte die chemischen Schülerübungen nach der angegebenen Richtung hin machen, darf es auch angesehen werden, daß der in dieser Zeitschr. XXI, 201 bereits besprochene, treffliche „Leitfaden für die chemischen Schülerübungen“ von E. LÖWENHARDT bereits in zweiter Auflage vorliegt*). Der Verfasser tritt in diesem Leitfaden dafür ein, daß die Schülerübungen die Grundlage des chemischen Unterrichts bilden sollen. Insbesondere wird auch die Notwendigkeit der chemischen Schülerübungen gerade für den chemischen Anfangsunterricht hervorgehoben. Dieselben Grundsätze, nur noch in weiterer Ausführung und eingehenderer Begründung, hat der Verfasser zusammen mit L. DOERMER in dem gemeinsamen Referat über „den chemischen Unterricht der Realanstalten“ zum Ausdruck gebracht (vgl. diese Zeitschr. XXV, 397). Der wesentlichste Inhalt der bemerkenswerten Ausführungen beider Berichterstatter spiegelt sich in deren „Leitsätzen“ wieder, die hier mitgeteilt werden sollen: I. 1. Gesetze und Theorien sind auf Grund einer hinreichenden Zahl quantitativer Versuche zu entwickeln. 2. Die Behandlung der Theorien wird der Oberstufe vorbehalten. 3. Der chemische Unterricht erfüllt seine Aufgabe als Arbeitsunterricht nur dann, wenn die Schülerübungen zur Grundlage des Gesamtunterrichtes ausgestaltet und für alle Schüler verbindlich werden. 4. Auf allen Stufen, vor allem im Anfangsunterricht, ist der experimentelle Teil so weit als möglich in den Schülerübungen zu erledigen. Die Demonstrationen des Lehrers erstrecken sich nur auf Versuche, die sich zur Ausführung durch Schüler nicht eignen. — II. 1. Der auf verbindliche Schülerübungen gegründete chemische Unterricht setzt Beschränkung des Lehrstoffes auf das Allerwichtigste voraus. 2. Aus der allgemeinen Chemie, aus der Geschichte der Chemie und

*) Heidelberg, C. Winter, 1911. XX u. 272 S. M 5,—, geb. M 5,80.

*) Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1912. 122 S. M 1,80, Geb. M 2,40.

aus der chemischen Technologie sind einige zusammenhängende und besonders bedeutungsvolle Abschnitte gründlicher zu behandeln. 3. Zugunsten qualitativer und quantitativer Schülerversuche, die mit dem Lehrstoff in unmittelbarem Zusammenhang stehen, hat die früher vielfach bevorzugte qualitative Analyse wesentlich zurückzutreten. 4. Die Zahl der unter einem Lehrer arbeitenden Schüler sollte in den Oberklassen 12, in den Mittelklassen 20 im allgemeinen nicht übersteigen. 5. Zur Bewältigung der durch den auf Schülerübungen gegründeten naturwissen-

schaftlichen Unterricht entstehenden mechanischen Mehrarbeit sollte, wenigstens an den Realvollanstalten, eine technische Hilfskraft eingestellt werden.

Man wird den meisten dieser Forderungen wohl allgemein zustimmen, doch stehen ihrer Durchführung — besonders hinsichtlich der wichtigsten Frage, nämlich der der Eingliederung der allgemein verbindlichen Schülerübungen — zurzeit noch erhebliche Schwierigkeiten entgegen, auf die übrigens auch vom zweiten Referenten gebührend hingewiesen wurde. (Schluß folgt).

O. Ohmann.

5. Technik und mechanische Praxis.

Der elektrische Betrieb von Eisenbahnen*).

Die Dampfeisenbahn ist in den rund 100 Jahren ihres Bestehens zu überaus umfangreicher Anwendung gelangt, sie ist uns unentbehrlich geworden, und die Gesamtleistung aller z. Z. in Dienst stehenden Lokomotiven ist eine ganz gewaltige. Dem entspricht aber auch der Verbrauch an Kohle; und da deren Vorrat begrenzt ist, während der Verkehr immer noch wächst, so hat man schon des öfteren auf das immer drohender werdende Versiegen unserer Kohlenschätze hingewiesen und die Frage nach deren Ersatz gestellt. Als solcher kann, wo es sich nur um örtliche mechanische Kraftleistungen handelt, zunächst das Wasser: die „weiße Kohle“ Verwendung finden. Für Gefährte ist es nicht tauglich; der Versuch eine „Hydrolokomotive“ zu konstruieren ist allerdings vor mehreren Jahren gemacht worden¹⁾, es würden aber, abgesehen von zu geringer Leistungsfähigkeit, die Anlagekosten sehr hoch. Wesentlich aussichtsreicher ist die Anwendung von Elektromotoren, denn man kann ja erhebliche Mengen elektrischer Energie mit geringem Verluste über weite Strecken durch verhältnismäßig billige Leitungen fortleiten; man ist damit in der Lage, Wasserkräfte in weit größerem Umfange als bisher ausnutzen zu können. Ferner kann man nun auch Dampfzentralen in verkehrsfürfern Gegenden da errichten, wo minderwertige, den Transport daher nicht lohnende, Kohlenschätze lagern, deren Preis

mangels anderweiter Verwendbarkeit sehr gering ist.

Den ersten gelungenen Versuch, eine Bahn elektrisch zu betreiben, machte W. SIEMENS 1879 in Berlin. Er benutzte eine kleine Lokomotive und führte dieser den Strom durch eine besondere mittlere, „dritte“ Schiene mittelst Schleifkontakt zu, durch die Räder und Laufschienen zurück. Bemerkenswert ist ferner: die Bahn-Versuchsstrecke nach dem Spandauer Bock bei Berlin 1880: Oberleitung auf Stange neben dem Gleise mit rollendem, vom Motorwagen geschlepptem „Kontaktwagen“; die Bahnen Frankfurt a. M.-Offenbach und Brühl-Mödling mit „Schlitzrohrüberleitung“ und in diesem gleitendem „Kontaktschiffchen“, das ähnlich dem Schiffchen einer Nähmaschine gestaltet durch ein Kabel vom Wagen in dem Schlitzrohr entlanggezogen wird (1881–82); die Einführung des „Rollenkontaktes“: tief-rillige Rolle an langer Stange, welche durch Federn an einen über dem Gleise gespannten Draht gepreßt wird, durch VAN DEPOELE in Amerika, (THOMSON HOUSTON Co.) 1887. Der erste größere elektrische Bahnbetrieb in Deutschland war der der Stadtbahn Halle (Saale), eingerichtet 1891 durch die ALLGEMEINE ELEKTRIZITÄTS GESELLSCHAFT-Berlin²⁾. Einen interessanten Versuch machte seinerzeit die Firma SCHUCKERT & Co. 1894 mit „Kontaktknopfbahnen“ in München, deren Prinzip folgendes ist: man kehrt sozusagen die Verhältnisse um, indem man unter dem Wagenboden in der Gleisachse eine Schiene anbringt, im Gleise selbst aber in Abständen, die etwas kleiner sind als die Länge der genannten Schiene, besondere Kontaktapparate einbaut, welche selbsttätig vom Wagen immer erst kurz vor der Berührung eingeschaltet und etwas

*) Originalbericht. Nachdruck verboten.

¹⁾ Vgl. einen Aufsatz mit Abb. in der „Elektrotechn. Rundschau.“ Die Bahn war mit „Oberleitung“ gedacht, einem Kanal, aus dem das Wasser durch einen Heber auf das ober-schlächlige mit besonderer Schaufelform konstruierte Rad floß.

²⁾ Noch heute in Betrieb!

gehoben werden. Derartige Systeme gibt es mehrere³⁾, dauernd in Anwendung erhalten hat sich keines, es ist bei Versuchsanlagen geblieben. — Weiter hat man Versuche mit „Akkumulatorwagen“ gemacht⁴⁾, diese erwiesen sich aber zunächst als zu schwer, nicht genügend leistungsfähig und zu teuer.

Eine besondere Aus- und Durchbildung erhielten die elektrischen Bahnen in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika; dort wurden in schneller Folge eine große Anzahl solcher Bahnen gebaut, und dabei entwickelten sich gewisse Grundsätze für die allgemeine Anordnung der elektrischen Einrichtung und deren Ausführung im einzelnen, so: die Verwendung zweier Motoren, die man zunächst hinter, dann nebeneinander schaltet (Serien-Parallelschaltung), die „Fahrschalter“ (Kontroller) in Gestalt eingekapselter stehender Walzen mit eingelassenen Kontaktklötzen, auf denen feststehende Kontaktfingerschleifen, die mit den einzelnen Klemmen der Widerstände, Bürsten und Feldmagnete verbunden sind, so daß einfaches Drehen der Kontrollerkurbel zur Betätigung der Motoren vor und rückwärts in allen vorgesehenen Gangarten genügt.

Eins der größten Straßenbahnnetze ist das Berliner, das im wesentlichen sich in den Händen einer einzigen Gesellschaft befindet. Diese begann die Umwandlung des Pferdebetriebes in elektrischen 1896 anlässlich der Berliner Gewerbe Ausstellung und versuchte dabei auch die unterirdische Stromzuführung in Schlitzkanal; hierbei ist die „Rille“ der einen Schiene durchgehend, so daß letztere aus 2 Teilen besteht, die „Schienentühle“ sind aber große Eisenrahmen, senkrecht quer zur Schiene stehend, welche von einem Betonkanal umhüllt werden und im Innern auf Isolatoren eine starke Kupferleitung tragen; der Wagen besitzt ein starres in den Kanalschlitz einsetzbares Stück, das elastisch die Kontaktfedern enthält. Diese Anordnung hat aber nicht sonderlichen Beifall gefunden, sie ist gegen Regen und namentlich Schneewetter empfindlich, und man hat daher auch diese Strecken mit Oberleitung versehen.

Den elektrischen Straßenbahnen folgten Vorortbahnen mit größerer Geschwindigkeit. Man blieb dabei bei dem bisherigen System,

³⁾ Nähere Angaben über die verschiedenen Kontaktknopfbahnssysteme enthält eine s. Z. von S. SCHÜCKERT & Co. herausgegebene vorzüglich ausgestattete Druckschrift.

⁴⁾ Berlin 1896 u. a.

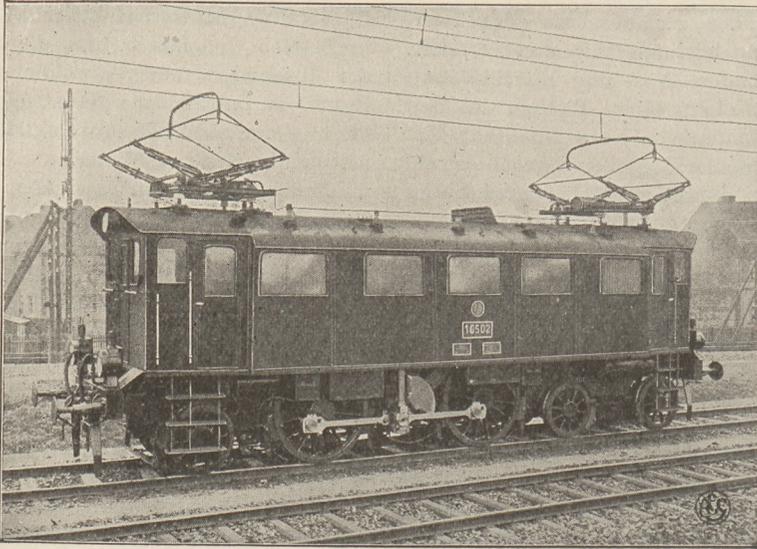
insofern man auch in diesen Fällen Motorwagen verwendete; elektrische Lokomotiven haben erst in neuester Zeit wieder besondere Bedeutung erlangt. Schon 1894 wurden auf den Baltimorer Tunnelstrecken der Baltimore-Ohio-Railway schwere elektrische Lokomotiven in Betrieb genommen, um die Belästigung der Reisenden und Anwohner durch den Rauch zu vermeiden; dann folgte die Eröffnung der ebenfalls mit elektrischen Lokomotiven betriebenen Waterloo & City Railway in London 1898 und der Central London Railway 1900 (beides Untergrundbahnen). Dieselben Gründe wie in Philadelphia veranlaßten auch in Paris die Einführung des elektrischen Lokomotivbetriebes auf der Orléans Bahn (1900). Im weiteren Verlaufe sind besonders erwähnenswert die Versuche der STUDIENGESellschaft FÜR ELEKTRISCHE SCHNELLBAHNEN, welche, gegründet auf Veranlassung und unter Mitwirkung des Kgl. Preuß. Min. d. öff. Arb. von den in Frage kommenden Kreisen, in den Jahren 1901–1903, Versuche auf der Strecke Berlin-Zossen anstellte. Zur Verwendung gelangten riesige Motorwagen für Dreiphasenstrom. Die Ergebnisse dieser Versuche waren: Es muß Hochspannung verwendet werden, Dreiphasenstrom ist ausgeschlossen, da die Leitung zu teuer wird und nicht in das „Normalprofil“ der Bahnen hineinzubringen ist, es lassen sich ohne sonderliche Änderung auf den üblichen Gleiskonstruktionen Geschwindigkeiten bis 200 km in der Graden erzielen, Zahnräder sind mißlich und zu vermeiden (die WITTFELDSchen Grundsätze, zuerst aufgestellt in einem Vortrage 1902).

So blieb nur, da hochgespannter Gleichstrom umständlich zu erzeugen ist⁵⁾, die Anwendung von Einphasenstrom übrig, für den zunächst die Motoren fehlten. Diese erschienen als die „Einphasen-Kollektormotoren“, deren erster von LAMME 1902 konstruiert wurde; es sind dies Motoren, deren Anker ganz wie die von Gleichstrommotoren vierteilige Kollektoren besitzen, und als Ring- oder Trommelanker gebaut sind. Diese Anker werden wie bei Gleichstrom polarisiert, nur oszilliert die Polarität gemäß der Periodenzahl um 180°. Sorgt man dadurch, daß man auch den Feldmagneten aus isolierten Eisenblechen aufbaut, dafür, daß ihr Magnetismus ebenso schnell

⁵⁾ Gleichstromspannungsbahnen mit je 1000 Volt Betriebsspannung sind z. B. Berchtesgaden—Landesgrenze, B.—Königsee, Grenze—Salzburg, Frankfurt—Hamburg, Innsbruck—Hall, sämtlich v. d. ALLGEM. EL. GES. erbaut.

oszillieren kann, wie der des Ankers, dann bleiben die Beziehungen zwischen Anker und Feldpolen relativ zueinander trotz des ständigen Polaritätswechsel unverändert, wie

Man vergleiche die nebenstehende Abbildung einer 2—B—1 Schnellzuglokomotive der A.E.G. Für die Preuß. Staats-Eisenbahn-Verwaltung sind z. Z. teils geliefert, teils im Bau:



bei Gleichstromspeisung; der Motor läuft in jeder Stellung ohne Schwierigkeit an und ist in bekannter einfacher Weise regelbar. Dieser Fortschritt war höchst wichtig, denn die Anfang der 90er Jahre gemachten Versuche mit Drehstrom Bahnen (Lugano, BROWN BOVERI & Co.) hatten nicht sonderlich befriedigt, die für solche erforderliche doppelte Oberleitung machte zudem, namentlich in größeren Netzen, die Anlage zu verwickelt und teuer. —

Die Betriebsmittel müssen nun nicht nur der Stromart sondern noch anderen Anforderungen angepaßt sein: betriebssicher, d. h. möglichst wenig empfindlich, leicht bedienbar und zu den vorhandenen Betriebsmitteln passend; daher ist man ganz entgegen der früher viel geäußerten Ansicht: der große Vorteil elektrischen Betriebes sei die bequeme Ausnutzbarkeit des ganzen Zug- als Reibungsgewichtes durch Anwendung von Motorwagen, zur Einführung von Lokomotiven geschritten, und hat bei diesen sogar den Schubkurbelantrieb beibehalten; man baut große langsam laufende Motoren auf einen Stahlrahmen, der mit einem wagenähnlichen Gehäuse überdeckt ist, und treibt von diesem aus mittelst Pleuelstange zunächst eine keine Räder tragende, zwischen den Radachsen in gleicher Höhe und parallel mit dieser gelagerte sog. „Blindwelle“ an, deren Kurbeln erst durch eine zweite Pleuelstange (wagerecht) die Treibradkurbeln fassen.

Typ	Lieferant	Motor-Leistung	
		PS.	total
2—B—1	A.E.G. ⁶⁾	1200	1200
2—B—1	BERGMANN	1500	1500
2—B—1	S.S.W. ⁷⁾	1100	1100
0—D—0	A.E.G.	800	800
0—D—0	A.E.G. LAHMEYER	800	800
0—D—0	B.B.C. ⁸⁾	600	800
0—D—0	M.S.W. ⁹⁾	600	600
0—D—0	S.S.W.	600	600
1—C—1	S.S.W.	1900	1900
1—C—1	S.S.W.	1000	2000
1—C—1	BERGMANN	1000	2000
1—C—1	S.S.W.	1250	1250
0—D—0	M.S.W.	1000	2000

Wie hieraus ersichtlich, besitzt die elektrische Vollbahnlokomotive schon heute große Bedeutung. —

Was nun die Stromzuführung anbelangt, so ist man bei der bei den Straßenbahnen erprobten Oberleitung geblieben, hat dieser aber in der „Kettenoberleitung“ eine geeignete Form gegeben. Damit nämlich der „Fahrdraht“ möglichst wagerecht bleibt

⁶⁾ ALLGEM. EL. GESELLSCHAFT.

⁷⁾ SIEMENS-SCHUCKERT-WERKE.

⁸⁾ BROWN, BOVERI & Co.

⁹⁾ MAFFEI-SCHWARTZKOPFF-WERKE.

und den entlanggleitenden Schleifkontakt, der als federnder Bügel quer zum Gleise an Gelenkvierecken ausgeführt wird, nicht in Schwingungen versetzt, was den Fahrdrabt gefährden würde, wird letzterer mittelst kurzer Verbindungsdrähte an einem von Aufhängepunkt zu Aufhängepunkt die Form einer Kettenlinie zeigenden „Tragedraht“ aufgehängt, wobei man teils durch Wahl des

Die elektrische Lokomotive erlaubt ohne weiteres die zurzeit in Benutzung stehenden Wagen weiter zu verwenden, gleichzeitig also auf denselben Strecken Dampfmaschinen laufen zu lassen, bzw. auf längst benutzten Strecken ganz allmählig den Betrieb zu elektrifizieren. Nachstehend seien die Daten für einige von der ALLGEM. EL.-GES. gebaute Lokomotiven mitgeteilt:

Bahn:	Erbauer	Mech. Teil von	Fertig	Art*)	Motoren-zahl	Leistung Zugkr.)	Ge-wicht	L	H	B
Lötschberg	A.E.G.	KRAUS (München)	1910	2 × 1—B—0	2	—	to	m	m	m
Karlsruhe—Herrenalb	-	A. E. G.	1911	Zahnrad	4	—	30,0	10,60	2,70	3,51
Chemin de fer du Midi	-	HERSCHEL & SOHN	1911	1—C—1	2	—	8 ⁵ ^r	13,14	3,14	3,68
Neapel—Piedimonte .	-	-	1911	Drehgestell	4	—	30,0	10,60	2,60	3,44
Rjukanbahn	-	{ A. S. SKABO JERN- BANEVOGN. FABR. }	1911	-	4	—	44,0	10,72	2,96	3,54
-	-	{ A. S. SKABO JERN- BANEVOGN. FABR. }	1911	-	2	—	20,0	6,57	2,96	3,54
Wien—Preßburg . . .	-	W. L. F. FLORIDSDORF	1912	1—B—1	1	2450	52,0	—	—	—
Oranienburg	-	UNION (Königsberg)	1910	A—1—A	2	—	44,7	10,00	2,87	3,70
Altona—Hafenbahn . .	-	KRAUS & Co.	1911	0—B = B—0	4	2160	65,61	14,14	2,90	3,83
Lauban—Königszelt .	-	EGESTORFF	1911	1—C—1	2	—	96,0	13,82	3,86	3,86
Dessau—Bitterfeld . .	-	-	1911	2—B—1	1	1350	71,5	12,50	3,81	3,81
-	-	-	1911	0—D—0	1	2500	63,0	10,50	3,80	3,80

Materialies, teils durch besondere Anordnung, auf die hier nicht einzugehen ist, dafür sorgen kann, daß die (mechanische!) Fahrdrabtspannung konstant und der Draht gerade bleibt. Mit Rücksicht auf die hohen zur Verwendung gelangenden Spannungen: 10000 Volt (!) ist der Isolierung des Fahrdrabtes besondere Sorgfalt zu widmen, und es kommen hierfür besondere Formen von Isolatoren (z. B. nach dem Vorbilde des bek. Spielzeuges geformte und benannte „Diaboloisolatoren“) zur Verwendung. Die Leitung wird von „Jochen“ getragen, welche die Gleise überbrücken. Diese Leitungsform ist auf den Strecken um Bitterfeld in Gebrauch, wo zunächst ein Tätigkeitsbereich für elektrische Lokomotiven geschaffen wurde, und wird ebenso auf den schlesischen Strecken eingebaut, deren folgende zurzeit für elektrischen Betrieb eingerichtet werden:

Lauban—Hirschberg	51,8 km
Hirschberg—Ruhbank	27,0 -
Hirschberg—Schmiedeberg—Ruhbank .	40,0 -
Liebau—Landeshut	16,7 -
Hirschberg—Schreiberhau—Grünthal .	52,4 -
Ruhbank—Fellhammer—Königszelt . .	50,3 -
Halbstadt—Fellhammer—Nied.-Salzbrunn	28,0 -
Summa	252,9 km

Von den für die preußische Staatsbahn gebauten Lokomotiven stehen bereits mehrere im regelmäßigen Fahrdienst. —

Sind diese Maschinen für Beförderung schwerer Züge bestimmt, so fordern die Verhältnisse des Bahnbetriebes im allgemeinen noch Betriebsmittel schwächerer Leistung für Nachbarortsverkehr und schwach befahrene Strecken; auf letzteren wird der Betrieb nur dann lohnend, wenn man kleine Fahrheiten, diese aber in kürzeren Zwischenräumen, laufen läßt, statt Züge in größeren Pausen. Diesem Bedürfnis entsprechen die „Motorwagen“, deren vornehmlich 2 Typen eingeführt sind: „Akkumulator-Triebwagen“ und „benzolelektrische Triebwagen“.

Die „Akkumulatorwagen“ sind Doppelwagen, bestehend aus zwei gleichen, durch eine sog. „Kurzkupplung“ verbundenen

*) Die hier benutzte ist die auch amtlich übliche allgemeine Bezeichnungsweise; die Ziffern bedeuten: Anzahl der vorderen bzw. hinteren Laufachsen, die Buchstaben die Anzahl der Treibachsen, und zwar A = 1, B = 2 usw., so daß z. B. 0—D—0 eine vierachsige Maschine ohne Laufachsen bezeichnet (in anderer Bezeichnungsweise $\frac{4}{4}$).

Hälften, die sich zueinander wie Original und Spiegelbild verhalten; jeder Teil besitzt am freien Ende einen niedrigkastenartigen Vorbau mit emporklappbarem Deckel für die Batterie und läuft auf zwei Achsen. Das Innere ist in zwei Abteilungen für 3. und 4., (auch einrichtbar für bzw. 2. und 3.) Klasse geteilt; die Wagenlänge beträgt $2 \times 12,65 + 0,31 = 25,61$ m, der Einzelradstand 8,8 m, der Gesamtradstand 22,11 m. Die Batterie besteht aus 168 Zellen in 12 Kästen zu je 14 Zellen, die beim Entladen, in Reihe geschaltet, 310 Volt ergeben. Die Motoren sind Hauptstrom Wendepolmotoren, $2 \times 80 = 160$ PS. Die Wagen sind mit elektrischer Beleuchtung und Luftdruckbremse ausgerüstet. Die gesamten Betriebskosten haben sich auf Grund eingehender Prüfung zu 41 Pf. per Wagenkilometer ausschließlich Batterieerneuerung ergeben. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 50 ÷ 60 km auf der Wagerechten. Die ersten derartigen Wagen, elektrisch ausgerüstet von der ALLGEMEINEN ELEKTRIZITÄTS-GESELLSCHAFT, Berlin, wurden in den Direktionsbezirken Königsberg und Danzig in Betrieb gesetzt; 1909 besaß die K.Pr.E.-V. bereits 57, welche 22 Strecken von im ganzen 1229,3 km Länge befuhren, wozu bis 1910 noch 16 weitere Strecken mit 817,0 km traten. Als Mittelpunkte derartigen Betriebes seien angeführt: Kottbus (5 Zweigstrecken), Gotha (3 Zweigstrecken), Allenstein und Insterburg (je 4 Zweigstrecken), Limburg (desgl.)

Eine andere Form von Motorwagen, welche, für gleiche Betriebsverhältnisse bestimmt, wie die eben beschriebenen, insofern günstiger sind, als sie nicht von Ladestationen abhängig und für Durchfahrung längerer Strecken geeignet sind, sind die benzolelektrischen Triebwagen. Wie schon der Name sagt, handelt es sich dabei um eine besondere Anordnung: eine „innere“ Kraftübertragung, man treibt mit einem Benzolmotor¹⁰⁾ eine Dynamomaschine und speist mit dieser die Motoren, verfährt also grundsätzlich in gleicher Weise, wie seinerzeit HEILMANN in seiner dampfelektrischen Lokomotive (1895, 1900). Diese scheinbar umständliche Anordnung bietet den Vorteil, einen guten Lauf mit bequem regelbarer Geschwindigkeit und Verwendung des bekanntlich außerordentlich günstig arbeitenden Explosionsmotors zu erzielen. Die Elektromotoren sind nach WARD-LEONARD geschaltet: Der Hauptgenerator ist eine Nebenschluß-Hilfsspolmaschine, deren Feldmagnete in einem

besonderen von einer Hilfsmaschine gespeisten Stromkreis liegen und immer nur soviel Strom erhalten, wie zur Erzeugung der für die jeweils erforderliche Geschwindigkeit nötigen Klemmenspannung dient. Diese Anordnung bietet den Vorteil, daß 1. Verluste in Vorschaltwiderständen fortfallen, 2. der Verbrennungsmotor mit praktisch gleichbleibender Belastung, also günstigster Umdrehungszahl und wirtschaftlichem Brennstoffverbrauch läuft. Die Wagen sind 16,495 m lang, asymmetrisch: am einen Ende befindet sich ein niedriger Vorbau, in welchem die Maschinenanlage untergebracht ist; der Benzolmotor, N.A.G.¹¹⁾, hat 4 Zylinder und leistet 120 P.S. bei 700 U. i. d. Min., die Hauptmaschine liefert bei 300 Volt 66,0 Kilowatt, mit 700 U. i. d. Min. (Höchstleistung: 580 Amp. 30 Sekunden lang), die Erregermaschine 2,5 KW bei 70 Volt. Zum Antrieb dienen 2 Motoren für 300 Volt 230 Amp. bei 600 Umdrehungen, entsprechend je 82 P.S. Die Übersetzung beträgt 1 : 4,315, die Höchstgeschwindigkeit 65 km/std. bei 55 to Beförderungsgewicht. — Der erste benzolelektrische Wagen wurde seitens der A.E.G. 1907 geliefert; die neue eben beschriebene Type ist ein Ergebnis der mit dem erwähnten Wagen gemachten Versuche und Erfahrungen sowie von dem Geh. Oberbaurat WITTELD gegebenen Anregungen.

Zur Verwendung gelangen in derartiger Motorwagen neuerdings meist sog. Wendepolmotoren. Die plötzliche Stromumkehr in den Ankerdrähten bei ihrem Umlaufe hat nämlich manche unangenehme Nebenerscheinung im Gefolge, z. B. Bürstenfeuer. Man hat daher mit Erfolg Hilfspole angebracht, welche gerade die induzierte störende E. M. K. beseitigen. Ein vierpoliger Wendepolmotor besitzt also zwischen den 4 Hauptpolen noch ebensoviele schmale Hilfspole. Näher auf diese Verhältnisse einzugehen, würde an dieser Stelle zu weit führen. —

Aus Vorstehendem erhellt, daß auch der elektrische Betrieb von Eisenbahnen über das Stadium des tastenden Versuches längst hinaus ist. Die Elektrotechnik vermag heute, nachdem die elektrische Straßenbahn zum gewöhnlichen Verkehrsmittel der Städte geworden ist, auch den schwereren Anforderungen des Vollbahnbetriebes zu genügen. Die Preußische Eisenbahnverwaltung hat von vornherein hier modernes Empfinden gezeigt und im Zusammengehen mit der Elektrotechnik Bedeutsames

¹⁰⁾ Wohl zu beachten: nicht Benzinmotor!

¹¹⁾ NEUE AUTOMOBIL-GESELLSCHAFT, Berlin-Oberschönweide.

geschaffen; es sei als auf größere derartige Betriebe, abgesehen von den oben genannten Vollbahnstrecken, hier hingewiesen auf die Ham-

burger Hochbahn und die staatliche (K. P. E. V.) Vorortbahn Blankenese-Ohlsdorf, sämtlich mit Motorwagenbetrieb. *W. Biegov. Czudnochowski.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Landolt-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen. Vierte umgearbeitete und vermehrte Auflage, mit Unterstützung der Kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften herausgegeben von Prof. Dr. R. Börnstein in Berlin und Prof. Dr. W. A. Roth in Greifswald. Mit dem Bildnis H. Landolts. Berlin, Julius Springer, 1912. XVI und 1313 S. Geb. M 56,—.

Diese neue Auflage ist gegen die vorige um 452 Seiten, d. h. um mehr als die Hälfte des Umfangs, vermehrt worden. Nicht weniger als 50 Mitarbeiter, deren Namen auf dem Titelblatt verzeichnet sind, und deren jeder auf seinem Sondergebiet durch eigene wissenschaftliche Tätigkeit heimisch war, haben den Herausgebern zur Seite gestanden. An allen Stellen sind die neuesten Bestimmungen sorgfältig berücksichtigt worden. Neu hinzugekommen sind die Werte der Schwerkraft für alle geographischen Breiten von 10 zu 10 Minuten, eine Tabelle minimaler Schichtdicken, die kritischen Daten für Mischungen und Lösungen, Temperaturleitfähigkeit, Angaben über den Joule-Thomson-Effekt, optische Konstanten einer Anzahl von Substanzen, magnetische Eigenschaften von Legierungen, die Konstanten der Gasionen; ferner Zusammenstellungen von anisotropen Flüssigkeiten und von Kältemischungen, homogene Gasgleichgewichte, Gleichgewichte zwischen organischen Substanzen, osmotische Drucke, Schmelz- und Umwandlungstemperaturen von Mineralien, Dissoziationskonstanten von Säuren und Basen, Leitfähigkeitsdaten für nichtwässrige Lösungen, Hydrolysengrade und Ionenprodukte, radioaktive Konstanten u. a. m. Außerdem sind namentlich die mineralogischen, thermochemischen und spektrochemischen Tabellen erheblich an Umfang gewachsen. Die neue Auflage ist in noch erhöhtem Maße als ein Zeugnis deutschen Fleißes und deutscher Gründlichkeit anzusehen, dem auch diesmal der Erfolg bei allen an der Pflege der Wissenschaft beteiligten Nationen nicht fehlen wird.

P.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1911, dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 67. Jahrgang. I. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, Physikalische Chemie;

red. von Karl Scheel. 544 S. — II. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, Wärme; red. von Karl Scheel. 755 S. — III. Abteilung: Kosmische Physik; red. von Richard Aßmann. 650 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1912.

In der Abteilung I treten diesmal die Berichte, die sich auf das Relativitätsprinzip beziehen, als besonders bedeutsam hervor. Den größeren Teil der Abteilung umfaßt wiederum die Physikalische Chemie, fast durchweg von dem unermüdlichen Heinrich Böttger bearbeitet. In Abteilung II wird u. a. über die noch immer im Vordergrund der Forschung stehenden Erscheinungen der Elektrolumineszenz, der Kathoden-, Becquerel- und Röntgenstrahlen, sowie der Elektro- und Magneto-optik berichtet; in der Wärmelehre treten die neueren thermodynamischen Arbeiten besonders hervor. — In Abteilung III dürften die Abschnitte über die Erforschung der oberen Luftschichten sowie über Luftfahrt und Flugwesen weitere Kreise interessieren, zumal es hier auch an kritischen Bemerkungen nicht fehlt. Recht reichhaltig ist diesmal auch der Abschnitt über meteorologische Optik.

P.

Physikalische Freihandversuche. Unter Benutzung des Nachlasses von Bernhard Schwalbe zusammengestellt und bearbeitet von HERMANN HAHN, Professor am Dorotheenstädt. R.-G. zu Berlin. III. Teil: Licht. Mit 420 Figuren im Text. Berlin, Otto Salle, 1912. 405 S. M 7,—.

Erst fünf Jahre nach dem Erscheinen des II. Teils ist der vorliegende III. Teil veröffentlicht worden, da der Verfasser durch andere Arbeiten, namentlich die praktischen Schülerübungen, in Anspruch genommen war. Der Band umfaßt nicht weniger als 738 Nummern und berücksichtigt auch die neuesten Publikationen, wie Volkmanns Praxis der Linseno-optik. Einer der Hauptvorteile aus dieses Bandes liegt darin, daß er die historischen Quellen ausgiebig berücksichtigt; so ist bei der Farbenlehre überall und mit Recht auf Newtons Optik zurückgegangen. Der Verfasser rechnet auch Versuche mit Spiegeln, Linsen und Prismen noch zu den Freihandversuchen; denn „das Wesen der Freihand-

versuche beruht nicht darin, daß man auf fertige Geräte unbedingt verzichtet, sondern darin, daß man diese nicht mit Gestellen, Ständern, Führungen u. dgl. fest verbindet“. Das Buch wird somit zu einem Hilfsmittel der Demonstrationstechnik im besten Sinne des Wortes, indem diese sich nicht auf fertige Apparate, sondern auf Zusammenstellungen und Anordnungen gründet, die für den bestimmten Zweck jedesmal neu zusammenzustellen sind. Daß es an einer kritischen Untersuchung über die beste Methode der Vorführung in der Mehrzahl der Fälle noch fehlt, hebt der Verfasser selbst hervor und hält zur Lösung dieser Aufgabe eben die Zentralanstalt für unbedingt erforderlich, die der Referent vor einiger Zeit vorgeschlagen hat. Auch von diesem Bande darf gesagt werden, daß er in keiner physikalischen Unterrichtsbibliothek fehlen sollte. P.

Naturwissenschaftliche Schülerbibliothek von BASTIAN SCHMID. Nr. 11: Vom Einbaum zum Linienschiff. Streifzüge auf dem Gebiete der Schifffahrt und des Seewesens von Ingenieur KARL RADUNZ. Für mittlere und reife Schüler. Mit 90 Abbildungen im Text. 194 S. M. 3,—. — Nr. 17: Aus dem Luftmeer. Meteorologische Betrachtungen für mittlere und reife Schüler von Max Sassenfeld. Mit 40 Abbildungen. 183 S. M. 3,—. Leipzig, B. G. Teubner, 1912.

Das Buch von Radunz bietet lehrreiche Darstellungen aus der Geschichte des Seewesens von den ältesten Zeiten an. Darunter befinden sich auch historische Exkurse über die Erfindung des Kompasses, den Sextanten, die Bezeichnung „Knoten“ u. dgl. Besonders ausführlich sind behandelt: die Elektrizität im Dienste der Schifffahrt, die Schiffswerften die modernen Linienschiffe. Das Buch wird sicher bei unserer, dem Seewesen eifrig zugewandten Jugend großes Interesse erregen.

Das Buch von Sassenfeld behandelt die meteorologischen Erscheinungen, auf die durch die neuere Flugtechnik die Aufmerksamkeit auch der Jugend stärker als je zuvor hingelenkt ist. Behandelt werden namentlich: die Temperatur der unteren und der oberen Luftschichten, Wolken und Niederschläge, Luftdruck und Luftströmungen, das Wetter, elektrische und optische Erscheinungen in der Atmosphäre. Mehrere schöne Wolkenbilder, von Herrn Prof. Süring in Potsdam zur Verfügung gestellt, bereichern dem Buch zu besonderem Schmuck. P.

Vorschläge für den mathematischen, naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterricht an Lehrerseminaren. Unter Mitwirkung von Fachmännern ausgearbeitet vom Deutschen Ausschuß für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (Schriften des D. Ausschusses, Heft 14). Leipzig, B. G. Teubner, 1912. 49 S.

Die Schrift bringt zunächst wohlervogene und maßvolle Leitsätze über Charakter und Organisation der Volksschullehrerseminare, die in ihrem gesamten Betriebe den höheren Lehranstalten möglichst angenähert werden sollen, ohne daß jedoch der Charakter der Berufsschule verwischt wird. Aus dieser grundlegenden Festsetzung ergibt sich eine Reihe weiterer Sätze, und es schließen sich sodann Lehrpläne für die im Titel genannten Unterrichtsfächer an. Von den physikalischen Plänen ist zu sagen, daß sie sich den Meraner Plänen anschließen und den Hauptnachdruck auf die praktischen Übungen legen, die für den künftigen Volksschullehrer besonders nötig sind. Die Stoffeinteilung ist so geordnet, wie es die Rücksicht auf den Stand der jeweiligen mathematischen Kenntnisse angemessen erscheinen läßt. Der Unterricht beginnt in der VI. Klasse mit einem propädeutischen Kursus und schließt in der I. (wahlfrei) mit ausgewählten Kapiteln in elementar-mathematischer Behandlung. In den chemischen Plänen wird gleichfalls besonderes Gewicht auf die Übungen gelegt. An Unterrichtsstunden entfallen auf die Physik in den ersten 5 Klassen 10 Stunden, auf die Chemie 6, auf die Mineralogie und Geologie 2 Stunden; von den praktischen Übungsstunden sind 9 Semesterstunden der Physik, 4 der Chemie, 7 der Botanik und Zoologie zugewiesen. Da an einigen Seminaren (Lübeck und Hamburg) schon eine ähnliche Stundenbemessung besteht, so ist die Möglichkeit der Durchführung auch für die andern deutschen Staaten gegeben, in denen zu einem großen Teil noch sehr ungünstige Bedingungen für die Naturwissenschaften bestehen. P.

Mathematik und Naturwissenschaften an den deutschen Lehrerbildungsanstalten. Von Prof. Dr. K. Umlauf, Seminardirektor in Hamburg. (Arbeiten des Bundes für Schulreform, Heft 3.) Leipzig, B. G. Teubner, 1912. 124 S. mit 6 Figuren im Text und 4 Tafeln.

Die Schrift stellt die Ergebnisse einer Umfrage zusammen, die bezüglich des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts an eine größere Zahl von Seminaren

gerichtet worden ist. Nur Preußen und Mecklenburg haben die Genehmigung der Umfrage verweigert. Die Antworten lassen erkennen, daß in einzelnen deutschen Staaten sehr viel Erfreuliches auf diesem Gebiet geleistet wird, in der Mehrzahl jedoch noch recht viel zu wünschen übrig bleibt. Die Vorschläge des Verfassers bzw. des ihm zur Seite gestellten Ausschusses decken sich im wesentlichen mit denen des Deutschen Ausschusses. Bei der Physik ist der allgemeine Eindruck besonders ungünstig, die Ausstattung der Lehr- und Sammlungsräume bei der Mehrzahl der Seminare minderwertig, der Etat meist lächerlich gering, die Ausbildung der Fachlehrer oft unzulänglich. Die Mängel liegen überall klar zutage, aber der Widerstände sind zu viele und zu mächtige. In den Forderungen, die für diesen Unterricht erhoben werden, spielt die Einrichtung von verbindlichen Schülerübungen eine hervorragende Rolle. In der Chemie finden erfreulicherweise bereits an 75% der Anstalten solche Übungen statt, in der Regel mit 1 Wochenstunde (so in Bayern, Anhalt, Baden), seltener mit 2 Wochenstunden (Hamburg und Lübeck). Die Wünsche der Fachlehrer beziehen sich hier wie in der Physik auf Einrichtung besonderer Räume für Unterricht und Übungen, Vermehrung der Stundenzahl, festen Jahresetat. Interessant ist eine Reihe von Lehrplänen und von Mitteilungen über neuere deutsche Seminare, die den letzten Teil der Schrift bilden. P.

The Teaching of Physics for purposes of general education. By C. RIBORG MANN, associate professor of physics, the University of Chicago. New York, Macmillan company, 1912. 304 S.

Die Frage der Vervollkommnung des Physikunterrichts bewegt seit Jahren auch die Physiklehrer der Vereinigten Staaten. Diese sehen ihre Aufgabe nicht einfach in der Übermittlung des physikalischen Wissens, sondern in der Lösung des Problems, wie von diesem Unterricht die höchste Wirkung in sozialer Hinsicht zu erzielen sei. C. R. MANN ist einer der führenden Geister in dieser Bewegung, er gibt in dem vorliegenden Buche eine Reihe wertvoller Beiträge zur Lösung des Problems, die auch für uns in Deutschland das höchste Interesse bieten. Gefahren einer allzu abstrakten Behandlung der Physik sind trotz aller Richtung auf das Praktische und Experimentelle auch bei uns vorhanden, die immer allgemeinere Benutzung des absoluten Maßsystems trägt dazu bei, diese Schwierigkeiten zu verschärfen. Der

Verfasser sieht diesen Schwierigkeiten klar ins Gesicht: Woher kommt es, daß die Lösung einfacher Aufgaben über Kraft, Masse, Beschleunigung den Anfängern so schwer fällt? Sind wir vielleicht mit unseren Anforderungen nicht auf dem richtigen Wege? So geht der Verfasser freimütig an die Kritik des Bestehenden und Traditionellen. Die Erziehung zum induktiven, d. i. zum wissenschaftlichen Denken erfordert andere Wege als die, die durch das System der Physik vorgeschrieben sind. Auch bloße Anhäufung von Tatsachen entspricht nicht dem Wesen des wissenschaftlichen Denkens; dieses Denken beginnt vielmehr da, wo ein Mensch durch die Tatsachen in Verwunderung gesetzt wird, d. h. wo ein Widerspruch gespürt wird zwischen den beobachteten Tatsachen und ihrer bisherigen Deutung. Also sind es Probleme, mit denen die Forschung beginnt, und so muß auch der Unterricht beginnen. Der Verfasser begegnet sich hier mit Auffassungen, die auch bei uns seit einer Reihe von Jahren laut geworden sind (z. B. *d. Zeitschrift XIV, 309*). Über die Art wie er sich die Bearbeitung solcher Probleme denkt, gibt der Verfasser an verschiedenen Stellen des Buches beachtenswerte Fingerzeige. Auch den praktischen Übungen widmet er eingehende Erörterungen, und warnt namentlich vor der Gefahr, daß die Schüler denken, alle sogenannten physikalischen Gesetze seien aus ebenso bequemen und ungenauen Beobachtungen abgeleitet, wie die von ihnen angestellten es der Regel nach sind (S. 56). Alles in allem: ein Buch voll Ernst und Gründlichkeit, vor dem auch der deutsche Physiklehrer Respekt haben wird, und das ihm dazu helfen kann, seinen Unterricht lebendiger und fruchtbarer zu machen. P.

Radiumnormalmaße und deren Verwendung bei radioaktiven Messungen. Von E. Rutherford. Deutsch von Dr. B. Finkelstein. Mit 3 Abbildungen im Text, 45 S. Leipzig, 1911. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H.

Der bekannte Forscher entwickelt die Notwendigkeit einer Radiumeinheit, gibt eine Vergleichung der bisher üblichen Normalmaße und zeigt ihre Veränderung mit der Zeit. Zuletzt werden die auf dem radiologischen Kongreß in Brüssel gemachten Vorschläge für eine Radiumeinheit besprochen. Dem Fachmann, der die Literatur über Radioaktivität kennt, bietet die kleine Schrift nicht viel Neues; dem Fernerstehenden mag sie zur Orientierung dienen. Schk.

Chemiker-Kalender 1913. Von R. Biedermann.
Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw. In 2 Bdn., 34. Jahrg., Bd. I 402 S., Bd. II 661 S. Preis für beide Teile zusammen, gebunden in Leinw. M 4,40; in Leder M 5,40.

Auf die enorme Reichhaltigkeit des für den praktischen Gebrauch so zweckmäßig angelegten Werkes muß für jeden, der diese Jahreserscheinung noch nicht aus eigener Anschauung kennen gelernt hat, immer von neuem hingewiesen werden. Wer sich nicht in den Einzelbesitz eines großen Tabellenwerkes setzen kann, dem ist die Anschaffung des außerordentlich preiswerten Chemiker-Kalenders dringend zu empfehlen. *O.*

Grundlinien der anorganischen Chemie. Von W. Ostwald. 3. umgearbeitete Aufl. Mit 131 Fig. Leipzig, W. Engelmann, 1912. 860 S. Geb. M 18,—.

Das in dieser Zeitschr. wiederholt besprochene Buch hat in den ersten Kapiteln insofern eine gewisse Umarbeitung erfahren, als die Begriffe Phase und Stoff auf Grund der Beschreibung der Eigenschaften der drei Formarten noch mehr herausgearbeitet wurden, als dies früher bereits der Fall war. Auch ist ein etwa 18 Seiten umfassendes Kapitel über die radioaktiven Elemente hinzugekommen, das die wesentlichsten Erscheinungen in rühmlicher Klarheit darstellt. Durch die Umarbeitung und die nicht unbedeutlichen Erweiterungen tritt der eigenartige Charakter des Buches nur noch bestimmter hervor, doch wird ihm besonders hinsichtlich der Einführung in die ersten Grundbegriffe die chemische Mittelschulmethodik vielfach nicht folgen können. *O.*

Geologische Ausflüge in der Mark Brandenburg. Von Kurt Huecke, Oberlehrer. Mit 57 Abb. Leipzig 1911, Quelle & Meyer. 155 S. Geh. M 2,60, geb. M 3,20.

Wenn auch die so voller allgemein bildender Werte steckende Geologie zur Zeit noch ein Stiefkind des naturwissenschaftlichen — einschließlich geographischen — Unterrichts der Oberstufe ist, so sind doch vereinzelte Exkursionen nach besonders instruktiven Punkten immer möglich. Hierfür ist das vorliegende, 17 Exkursionen umfassende Buch ein vorzüglicher und zuverlässiger Führer. Er wird neben den bekannten „Geologischen Ausflügen in die Umgegend von Berlin“ von M. Fiebelkorn dazu beitragen, der Geologie zu steigender Anerkennung zu

verhelfen. Die zahlreichen schönen Abbildungen, denen zumeist eigene Aufnahmen des Verfassers zugrunde liegen, verdienen noch besonders hervorgehoben zu werden.

O.

Lehrbuch der chemischen Technologie und Metallurgie. Unter Mitwirkung hervorragender Fachleute herausgegeben von Dr. Bernhard Neumann, Prof. a. d. Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 398 Abbildungen u. 5 Tafeln. Leipzig, S. Hirzel, 1912. 891 S. M 18,—, geb. M 19,20.

Während die bisher erschienenen, die chemische Technologie behandelnden Lehrbücher mittleren Umfangs in der Hauptsache immer von einem einzelnen Autor verfaßt sind, ist hier ein Werk geschaffen, das bei mäßigem Umfange und Preise den großen Werken darin gleichkommt, daß die unter sich ziemlich heterogenen Gebiete von einzelnen Fachleuten, die naturgemäß in ihrem Spezialgebiet besonders bewandert sind, bearbeitet wurden. So sind — um nur einige der 17 Namen zu nennen — von W. Bertelsmann Leuchtgas, Ammoniak, Zyanverbindungen, von Biedermann Explosionsstoffe, von A. Binz Textilstoffe, Farbstoffe, Färberei und Druckerei behandelt. An der Hand zahlreicher, meist vorzüglicher Abbildungen haben die einzelnen Gebiete, von denen noch Kalisalze; Fette, Glycerin, Kerzen, Seifen; Bier; Zellstoff und Kunstseide; Kautschuk; Schwefelsäure; Erdöl, Asphalt, Erdwachs, Leim; Gerberei; Gärung, Wein, Spiritus, Stärke; Stärkezucker, Dextrin; Sulfat, Salzsäure, Salpetersäure; Rübenzucker; Glas; Mörtel, Tonwaren; Wasser zu nennen sind, eine gediegene, die neuesten Fortschritte berücksichtigende Darstellung erfahren. Für den chemischen Unterricht an den höheren Lehranstalten ist das Werk von großem Werte; zumal für die Zwecke der Exkursionen nach chemisch-technologischen Stätten stellt es eine Fundgrube von Belehrungen und zuverlässigen Daten dar, so daß seine Anschaffung, mindestens für die Anstaltsbibliotheken, warm empfohlen werden kann.

O. Ohmann.

Theorien der organischen Chemie. Von Dr. F. Henrich, Prof. a. d. Univers. Erlangen. Mit 13 Abb. Braunschweig, Vieweg u. Sohn 1912. XIV u. 401 S. M 10, geb. M 11.

Das Buch ist zugleich die zweite erweiterte Auflage von desselben Verfassers Arbeit „Neuere theoretische Anschauungen

auf dem Gebiete der organischen Chemie“, die in dieser Zeitschr. noch nicht besprochen wurde. Das vorliegende Buch beginnt mit einer sehr wertvollen historischen Darstellung der älteren theoretischen Ansichten bis zur Typentheorie, bespricht dann die Hauptphasen der Strukturchemie, besonders die Ansichten von Kekulé, van 'tHoff, v. Baeyer und Bamberger, und behandelt ferner Thieles Hypothese von den Partialvalenzen, die Untersuchungen über die sogenannte negative Natur von Atomgruppen, die neueren Ansichten über den Substitutionsprozeß, insbesondere bei Benzolderivaten, die Einflüsse, welche die Entwicklung der physikalischen Chemie auf die organische Chemie ausgeübt hat, ferner die Pseudosäuren, Pseudobasen und die Ionisationsisomerie. Eine sehr eingehende Behandlung erfährt das Thema „Farbe und chemische Konstitution“, die am Schluß auch die Theorie der Indikatoren berücksichtigt, wobei die Ablösung der seinerzeit vielfach in Aufnahme gekommenen Ostwaldschen Ionisierungstheorie durch die von intramolekularen Veränderungen der Indikatoren ausgehenden Ansichten von Stieglitz und Hantzsch näher besprochen wird. Alle weiteren neueren Anschauungen, besonders die von A. Werner, Nef, Michael, Nernst,

A begg, Bodländer, Stark, sind mit großer Klarheit und genauesten Literaturangaben in ihrem wesentlichsten Gehalt wiedergegeben. Das Buch wird diejenigen, die für die Zwecke des Unterrichts in irgend-einer besonderen Frage ihre theoretischen Anschauungen vertiefen wollen, nicht im Stiche lassen und ist daher zur Anschaffung, besonders für die Anstaltsbibliotheken, durchaus zu empfehlen. O.

Kurze Anleitung zur Maßanalyse. Mit spezieller Berücksichtigung der Vorschriften des Arzneibuches und des Ergänzungsbuches bearbeitet von Dr. L. Medicus, Prof. an der Universität Würzburg. Mit 7 Abbildungen. 9. u. 10. Aufl. Tübingen, H. Laupp, 1911. 210 S. M 2,40, geb. M 3,20.

Das Buch enthält alle wichtigen gebräuchlichen Methoden und gibt sehr sorgfältig gearbeitete Anweisungen für die einzelnen Bestimmungen. Es wird insbesondere dem Pharmazeuten sehr gute Dienste leisten. Der Anhang, in welchem eine „Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft nach Pettenkofer“ und eine „Untersuchung von Trink- und Gebrauchswasser“ geboten wird, ist auch vom Standpunkte des chemischen Unterrichts der höheren Lehranstalten eine dankenswerte Beigabe. O.

Programm-Abhandlungen.

Das Schriftliche im mathematischen und physikalischen Unterricht. Von Prof. H. RÜHLMANN. Städt. Oberrealschule zu Halle a. S. Ostern 1912. 17 S. Pr. Nr. 374.

Wir beschränken uns in diesem Bericht auf den die Physik betreffenden Teil der Abhandlung. Die Physik bietet, sofern nur die knapp bemessene Zeit es erlaubt, reichlichen Stoff für schriftliche Übungen. Schon auf der Unterstufe können Beschreibungen von Apparaten und Versuchen den Schülern zugemutet werden; man soll aber z. B. nicht in O III das Thema stellen: „Was bedeutet Wärmekapazität“, wohl aber „Das Kalorimeter“. Auf der Oberstufe tritt die Darstellung des Quantitativen hinzu, sowie die Nötigung, in knappen Worten dem Gesetz den konkreten Fall unterzuordnen. Diese Übungen werden sich meist auf Darstellung und Anwendung des im Unterricht behandelten Stoffes beschränken müssen, während das eigentliche „Können“ den mündlichen Übungen vorzubehalten ist. Die Einführung des Schülerpraktikums bietet für die Übungen neuen ver-

lockenden Stoff, beschränkt aber andererseits die dafür verfügbare Zeit in beträchtlichem Grade. Der Verfasser sieht einen Ausweg aus den hier sich ergebenden Schwierigkeiten nur in einer engeren Fassung der Lehr-aufgabe; das in den Lehrplänen gesteckte Endziel könne durch die eingehende Bearbeitung einer oder nur weniger Gruppen von Naturerscheinungen erreicht werden. Daß auch hier wieder Gefahren für einen befriedigenden Abschluß des Physikunterrichts drohen, wird sich aber nicht in Abrede stellen lassen. P.

Fünfzig Jahre elektrische Telephonie. Von GEORG SCHWARZ. Großh. Gymnasium Taubers-bischofsheim 1912. 45 S. Pr. Nr. 872.

Im Oktober 1911 waren 50 Jahre verflossen, seit Philipp Reis im Physikalischen Verein zu Frankfurt a. M. das von ihm erfundene Telephon vorführte. Der Verfasser hebt mit Nachdruck hervor, daß selbst in Deutschland das Verdienst des Erfinders nicht gebührend anerkannt sei; die Erfindungen von

Bell und Gray seien nur als Verbesserungen des Telephons von Reis anzusehen. Die Schrift bietet eine durch 16 Abbildungen erläuterte Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Telephonie von den ersten Untersuchungen über galvanische Musik durch J. Henry und Page bis zu den neuesten Vervollkommnungen durch die verschiedenen Formen von Mikrophonen. Angeschlossen ist eine sieben Seiten umfassende Übersicht über die mathematische Theorie des Telephons. P.

Beobachtungen der neutralen Punkte der atmosphärischen Polarisation. Von J. PLASSMANN. Kgl. Gymnasium zu Münster, 1912. 44 S. Pr. Nr. 491.

Die Schrift enthält Reihen von Beobachtungen aus den Jahren 1910 und 1911, deren Bearbeitung der Verfasser den Fachmeteorologen überläßt. Zu den Beobachtungen diente ein Polariskop nach Savart in Verbindung mit den von Jensen und Busch angegebenen Pendelquadranten. In einem Anhang berichtet der Verfasser über Nachbilder, die beim Beobachten der neutralen Punkte entstehen und oft noch 10 Minuten nach den Beobachtungen mit großer Deutlichkeit auftreten, so daß sie zu Messungen benutzt werden können. P.

Photographische Bestimmung des Diffusionskoeffizienten mittels gekrümmter Lichtstrahlen.

Von JOHANNES EICKE. König-Albert-Gymnasium in Leipzig, Ostern 1912. 16 S. Pr. Nr. 769.

Die Abhandlung bildet einen Teil der Doktordissertation des Verfassers. Die von O. Wiener herrührende Methode knüpft daran an, daß auch ein horizontal auf eine horizontale Grenzfläche zweier Medien von verschiedenem Brechungsvermögen auffallender Strahl nach der Seite des optisch dichteren Mediums hin abgelenkt wird. Man beobachtet die Ablenkung, die ein unter 45° gegen die Oberfläche geneigtes, senkrecht zu einer vertikalen Gefäßwand eintretendes Lichtband beim Durchgang durch eine der Diffusion unterworfenen Flüssigkeit erfährt. Der Verfasser hat die zuerst von Heimbrodt erprobte Methode dahin abgeändert, daß nicht die subjektive Beobachtung angewandt, sondern die photographische Platte zur Aufnahme der Diffusionskurven benutzt wird. Die Schrift beschränkt sich darauf, die Anordnung und Ausführung der Versuche genau zu beschreiben. P.

Die elektrische Demonstrationsanlage der Lessingschule. Von Prof. EM. GSCHIEDLEN. Realgymnasium mit Realschule (Lessingschule) zu Mannheim, Ostern 1912. 29 S. u. 4 S. Abbildungen. Pr. Nr. 880.

Die Anlage ist an städtischen Drehstrom angeschlossen, der durch einen Umformerapparat in Gleichstrom verwandelt wird; dieser wird durch einen automatischen Regulator auf konstanter Spannung gehalten. Die Regulierung von Stromstärke und Spannung für die Zwecke des Unterrichts geschieht durch Schalttafeln, die eine Maximalgrenze von 65 Volt und 50 Ampere haben. Die Grundsätze für die Durchführung der Anlage waren folgende: 1. Für die Errichtung einer elektrischen Schuldemonstrationsanlage und die Ausnutzung des elektrischen Stromes ist die unterrichtliche Brauchbarkeit und nicht die Erfüllung größtmöglicher Sparsamkeit maßgebend. 2. Die einzelnen Abnahmestellen (Physik, Chemie usw.) müssen vollkommen unabhängig voneinander sein. 3. Die Schalttafel ist in erster Linie ein Hilfsmittel für den Lehrer und erst in zweiter Linie ein Anschauungsmittel für den Schüler. Von der Einrichtung einer größeren Akkumulatorenbatterie ist abgesehen worden, da sich eine solche tatsächlich um so schneller abnutzt, je weniger sie gebraucht wird. Dagegen ist eine besondere kleine Demonstrationsanlage (ca. 800 M) eingerichtet worden, deren Hauptteil ein Einankerumformer für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom ist. Die Herstellung der gesamten Anlage war der Firma Siemens Schuckert übergeben. P.

Der Crossener Konrektor Carl Gaebel, der Erfinder eines „lenksamen“ Luftballons. Von Prof. G. LÜDDECKE. Realprogymnasium zu Crossen a. O., Ostern 1912. 10 S. Pr. Nr. 130.

Durch einen Zufall wurde der Verfasser auf die Pläne Carl Gaebels gelenkt, der von 1824 bis 1840 als Konrektor wirkte und als ein Verkannter, für geisteskrank Erklärter 1867 in England starb. Sein Plan ist freilich von der Vollkommenheit des heutigen lenkbaren Luftschiffes weit entfernt und in vielen Einzelheiten äußerst anfechtbar. Gaebel gehörte zu den phantasiereichen Männern, die eine Erfindung kühnen Geistes vorausahnten, ohne daß Zeit und Umstände dem Ausbau ihrer Pläne günstig waren. Man wird den Gedankengängen des Erfinders, die mehrfach an ähnliche bei Roger Bacon erinnern, nicht ohne Rührung folgen. P.

Versammlungen und Vereine.

Naturwissenschaftlicher Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen

zu Berlin vom 1. bis 12. Oktober 1912.

An dem Kursus, der von Provinzialschulrat G.-R. Dr. VOGEL eröffnet wurde, nahmen 47 Herren aus fast allen Provinzen der Monarchie teil. Das Programm umfaßte folgende Veranstaltungen:

I. Vorlesungen, Dr. REGENER, über die Fortschritte auf dem Gebiet der Radioaktivität und Elektronik (mit Experimenten), 2 std. — Prof. Dr. WEHNELT, neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Gasentladungen (mit Experimenten), 3 std. — Prof. Dr. TORNIER, über die fossilen Riesensaurier, 1½ std. — Prof. Dr. TRAUBE, über neuere Synthesen auf dem Gebiete der organischen Chemie (mit Experimenten), 1½ std. — G.-R. Prof. Dr. PENCK, der geographische Zyklus (mit Lichtbildern), 1½ std. — Prof. Dr. BENECKE, neuere Probleme der Bakteriologie (mit Lichtbildern), 1½ std. — G.-R. Prof. Dr. LIEBISCH, die geologische Beschaffenheit der Umgegend von Meißen und die Entstehung des Kaolins, 1½ std. —

II. Übungen, je 12 std. Prof. BOHN: Ausgewählte Schulversuche aus Akustik, Optik und Wärmelehre. — Prof. HAHN: Ausgewählte Schülerübungen aus allen Gebieten der Physik. — Prof. Dr. BÖRTGER: Übungen in der Ausführung chemischer und elektrochemischer Unterrichtsversuche. — Prof. Dr. RÖSELER: Zoologische Übungen mit besonderer Berücksichtigung des für biologische Schülerübungen wichtigen Lehrstoffs. — Prof. Dr. KOLKWITZ: Praktische Übungen aus dem Gebiet der Mikroskopie, Entwicklungsgeschichte und Physiologie der Pflanzen. — Prof. Dr. LAMPE: Anleitung zum Unterricht in der Erdkunde mit besonderer Berücksichtigung der Übungen im Skizzieren. — Mechaniker HINTZE unter Beirat von Prof. HEYNE: Praktische Übungen in der mechanischen Werkstatt.

Vorführungen und Besichtigungen, Prof. Dr. HECK: Die wissenschaftliche und allgemein bildende Bedeutung der zoologischen Gärten, insbesondere des Berliner Gartens (mit Lichtbildern). — Dozent SCHMEHLIK: Stenogramme. — Prof. Dr. PHILIPP: Reisebilder aus Argentinien mit besonderer Berücksichtigung der klimatischen und wirtschaftlichen Verhältnisse (mit Lichtbildern). — Dr. FISCHER: Vorführung eines Kinematographen unter besonderer Berücksichtigung der Verwendung des

Apparates im Unterricht. — Besichtigt wurde die Mehrzahl der Institute, in denen die Vorlesungen stattfanden, ferner die Werkstätten der „Neuen photographischen Gesellschaft“ und der Zoologische Garten.

Den Beschluß des Kursus bildete ein geologisch-technologischer Ausflug nach Meißen unter Führung des G.-R. Prof. Dr. LIEBISCH.

10. Ferienkursus des physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M.

Vom 7. bis 19. Oktober 1912.

Bei der feierlichen Eröffnung hielten Mitglieder des Vereins-Vorstandes und Vertreter der königlichen und städtischen Behörden Ansprachen an die Teilnehmer, die in der stattlichen Zahl von 63 erschienen waren.

Nach den Ansprachen eröffnete Herr Prof. Dr. LORENZ den Reigen der Vorlesungen; er behandelte die Realität der Moleküle, indem er nach einer Einleitung über die Wandlung des Begriffes Materie zu den Kolloiden überging, Molekulardurchmesser, Ionendurchmesser, und die Brown-Zigmondysche Bewegung an der Hand interessanter Versuche besprach. Nach der Vorlesung fand unter Führung der Dozenten ein Rundgang durch die Räume des physikalischen Vereines statt.

Herr Prof. Dr. WACHSMUTH sprach über die Energie der Strahlung, den Strahlungsdruck, die Kathodenstrahlen, bei denen die Beziehungen zwischen e/m und v behandelt wurden, die Staub- und Elektronenzählung und das Radium nebst seinen Zerfallprodukten. In einer besonderen Stunde führte derselbe eine Reihe neuer Apparate vor, um die Interferenz des Lichtes und die dynamischen Wirkungen der Luft zu zeigen.

Die atomistische Struktur des elektromagnetischen Feldes hatte Herr Prof. Dr. DÉGUISNE zum Gegenstand seiner Vorlesung gewählt. Er behandelte das magnetische und elektrische Feld, die elektromagnetischen Wellen und die Grundlagen der drahtlosen Telegraphie. Er ging dabei von gewissen Voraussetzungen über die Natur der Elektronen aus und entwickelte unter geringem Aufwand mathematischer Kenntnisse die einschlägigen Gesetze. Der Wunsch, den Herr Direktor BODE im Sinne aller Hörer aussprach, der Vortragende möchte diese Vorlesung drucken lassen, soll erfüllt werden. Wir

machen die Fachgenossen schon jetzt auf diese Veröffentlichung aufmerksam. Bei der elektrischen Resonanz diente der Oszillograph dazu, die Analogie zwischen elektrischen und mechanischen Erscheinungen sinnfällig zu zeigen.

Die Meteorologie wurde durch Herrn Dr. LINKE, den Direktor des meteorologisch-geophysikalischen Instituts, vertreten. Er sprach über wetterkundlichen Unterricht auf höheren Schulen, Erdbebenkunde und schließlich über Luftelektrizität und Polarlicht nach der Ionentheorie.

Herr Prof. EPSTEIN gab in seinem Vortrage über Beleuchtungstechnik beherzigenswerte Winke über die Anlage der Beleuchtungskörper. Herr Dr. MAYER behandelte Färberei und Zeugdruck. Manches, was er im ersten Teile seiner Vorlesung vorführte, wie das Verhalten der Wolle und Baumwolle gegen Laugen und Säuren, die Arten der Farbstoffe und ihre Anwendung ließe sich wohl auch im Unterrichte verwerten.

Zwei wissenschaftliche Mitarbeiter der Firma ERNST LEITZ in Wetzlar, Herr Dr. JENTSCH und Herr Dr. BEREC, sprachen der eine über Fortschritte in der Beleuchtung mikroskopischer Objekte, der andere über Hilfsmittel für die Demonstration im polarisierten Licht. Sie hatten gleichzeitig eine reiche Sammlung optischer Apparate ausgestellt, über die sie in liebenswürdiger Weise Auskunft erteilten. Herr Geheimrat MÜNCH aus Darmstadt führte den Kinomatographen im Dienste des mathematischen Unterrichtes vor.

An die Vorlesungen schlossen sich, sie zum Teil ergänzend, Übungen an, die von den Herrn Dozenten und ihren Assistenten geleitet wurden. Es gab ein elektrotechnisches Praktikum, ein radioaktives Praktikum, geophysikalische Übungen, Übungen in Zeit- und Ortsbestimmungen und solche im Bearbeiten des Glases. Nicht alle konnten an den Übungen teilnehmen. Diejenigen, die zu den Ausgewählten gehörten, werden mit Freuden daran zurückdenken. Hatten doch alle nur das eine Empfinden, daß die Übungen von zu kurzer Dauer wären. —

Eine angenehme Abwechslung in die ernste Arbeit brachten die Ausflüge. In Niederrad wurde der Eulersche Flugplatz besichtigt; auf dem Frankfurter Flugplatz konnten wir die Victoria-Luise bei ihrem Aufstieg und ihrer Landung und Flieger mit den verschiedensten Arten von Flugzeugen sehn. An einem anderen Tage waren wir in dem alten Städtchen Hanau bei der einzig-

artigen Platinschmelze von Heraeus zu Gast und hörten Vorträge über Gewinnung und Verwertung des Platins, sowie über die Herstellung des Quarzglases. Daran schloß sich ein Rundgang durch die Fabrikräume, bei dem die Schmelzöfen großes Interesse erregten. Durch Herrn Dr. LINKE wohl vorbereitet stiegen wir eines Nachmittags auf den Feldberg und nahmen das Observatorium mit seiner Erdbebenwarte in Augenschein. Auf dem Rückwege lernten wir unter Herrn BOLLERS freundlicher Führung eine der Apfelweinschenken kennen, die zu den Wahrzeichen der Frankfurter Lande gehören. An dem Sonntage, der der ersten Arbeitswoche folgte, fand eine Tagespartie nach Wiesbaden und seiner Umgebung statt. In Frankfurt selber besuchten wir unter fachmännischer Führung die Senkenbergersche Sammlung und den Palmengarten, zwei Kleinodien der gastlichen Stadt. Auch zwei Schulen, die Sachsenhäuser und Klinger-Oberrealschule, öffneten ihre Pforten und zeigten uns ihre vortrefflichen Einrichtungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Am letzten Freitag des Ferienkurses fuhren wir zur Saalburg, wo Herr Direktor BLÜMLEIN uns meisterliche Erläuterungen gab.

Die letzte Besichtigung galt der Fabrik von HARTMANN und BRAUN. Herr Professor Hartmann, der einst mit einem Gehilfen und einem Lehrling den Grundstein zu dem Unternehmen gelegt hatte, das jetzt 260 Beamte und 520 Arbeiter beschäftigt, gab vor der Besichtigung einen Einblick in das weitverzweigte Getriebe der Fabrik. In entgegenkommender Weise hatte auch die alte, schöne und vornehme Stadt ihre Sehenswürdigkeiten und Theater entweder unentgeltlich oder doch zu einem mäßigen Preise zugänglich gemacht.

Zum Schluß noch ein Wort des Dankes für die Leiter des Kursus, Herrn Direktor Bode und Herrn Professor Boller. Nichts war vergessen worden. Da war eine Ausstellung physikalischer Apparate, eine Bibliothek der neuesten Fachliteratur, ein Schreib- und Lesezimmer. An alles war — fast möchte ich sagen mit väterlicher Fürsorge — gedacht. Und dazu diese freundliche und herzwinnende Art!

Herr Direktor Bode, der Begründer der Frankfurter Ferienkurse, hat mit Schluß des zehnten sein Amt niedergelegt. Er hat es seinem Nachfolger leicht gemacht und — doch auch schwer!

Prof. Hasseroth-Züllichau.

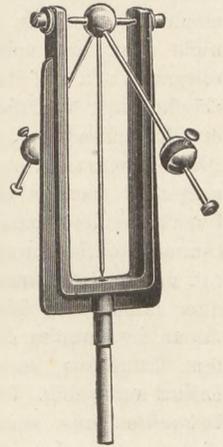
Mitteilungen aus Werkstätten.

Neuer Schwungapparat zur Veranschaulichung der Höhenlage von an einem Hebel hängenden Gewichten.

Von G. LORENZ, Werkstatt für Feinmechanik in Chemnitz.

Eine mit Zapfen zum Einsetzen in die Schwungmaschine versehene Gabel trägt an ihren Enden zwei Stahlschrauben als Lager für eine Stahlachse (s. Fig.). In der Achsenmitte ist eine kleine Scheibe befestigt, worin zwei gleich lange Stahlstäbe rechtwinklig zueinander eingeschraubt sind und so einen gleicharmigen, aber in der Mitte gebogenen Hebel bilden. An diese Stäbe werden Kugeln von gleichem Gewicht gesteckt und so lange verschoben, bis das Gleichgewicht hergestellt ist und der als Wagezunge dienende dritte Stab auf die Gabelmitte einspielt. Nachdem die Gewichte (Kugeln) festgeklemmt sind, setzt

man die Schwungmaschine in Drehung, wobei die Höhenlage der Kugeln unverändert bleibt. Verschiebt man eine Kugel nach dem Stabende zu, so muß sie sich wegen des größeren statischen Moments senken. Dreht man darauf die Schwungmaschine, so hebt sich diese Kugel durch den längeren Hebelarm, obgleich die Kugelmitten in gleicher Entfernung von der Drehachse sind. Man sieht also, daß die Kugel am längeren Hebel im Ruhezustand sich tiefer als die andere stellt, bei Rotation aber sich höher hebt.



Korrespondenz.

Anlässlich des fünfundzwanzigjährigen Bestehens der Zeitschrift ist dem Herausgeber das nachstehende ehrende Schreiben des preußischen Ministers der geistlichen und Unterrichtsangelegenheiten, Exzellenz Dr. von TROTT ZU SOLZ, zugegangen.

Berlin W 8, den 30. November 1912.

Am 1. Dezember d. J. vollendet die von Ihnen in Verbindung mit Ernst Mach und Bernhard Schwalbe begründete Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht ihren 25. Jahrgang. Es ist mir ein Bedürfnis, Ihnen zu diesem Tage meinen aufrichtigsten Glückwunsch und meinen Dank auszusprechen für die großen Verdienste, die Sie sich durch die Herausgabe der Zeitschrift während des abgelaufenen Vierteljahrhunderts um die Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen erworben haben. Wenn der Unterricht in

Physik und Chemie heute im Gegensatz zu der früher üblichen deduktiven Behandlung an die in der Natur sich abspielenden Vorgänge anknüpft und die Erkenntnis der Naturgesetze durch sorgfältig erdachte Demonstrationsversuche und planmäßig geordnete Schülerübungen zu vermitteln sucht, wenn ferner danach getrachtet wird, die humanistische Bedeutung des exaktwissenschaftlichen Unterrichts derart zur Geltung zu bringen, daß dieser als Vorbild dafür dienen kann, wie überhaupt im Bereiche der Erfahrungswissenschaften Erkenntnis gewonnen wird, so hat an diesem Fortschritt in Methodik und Technik die von Ihnen herausgegebene Zeitschrift ihren vollen Anteil.

Möge sie auch fernerhin unter Ihrer Leitung den deutschen Bildungsbestrebungen wertvolle Dienste leisten.

gez. TROTT ZU SOLZ.

Zur astronomischen Tafel für 1913.

Von M. Koppe.

Das Folgende ist ein Auszug aus der vollständigen Erklärung, die der Sonderausgabe für 1913¹⁾ beigegeben ist.

1. Orientierung am Fixsternhimmel. Die vier im Deutschen sogenannten Himmels-

richtungen sind Richtungen auf der Erde, definiert durch Vorgänge am Himmel; sie dienen dazu, den Weg eines Wanderers, den Kurs eines Schiffes anzugeben. Wenn einmal ein Himmelskörper sich zeigt wie der Johannesburger

¹⁾ Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1913. Verlag von Julius Springer

in Berlin. Preis M 0,40; für 10 Exempl. M 3,—; für 20 Exempl. M 5,50 (bei portofreier Zusendung).

Komet 1910, der schnell aus einem Sternbild zum andern fast geradeaus fortschritt, so entsteht das Bedürfnis, auch dessen Bahnrichtung nach absoluten Angaben zu bezeichnen, um die Gegenden, wo er noch nicht oder erst sehr ungünstig sichtbar ist, telegraphisch auf die Art der zu erwartenden Erscheinung vorzubereiten. Die Anwendung der Bezeichnungen „oben, unten, links, rechts“ gibt Verwirrung, da sie in Kapstadt anders aufgefaßt werden als in Berlin. Zu diesem Zweck bedient man sich auch am Fixsternhimmel der Benennungen N, S, O, W; man hat sie so aufzufassen, als wäre der Himmel eine stark vergrößerte Darstellung des in einem bestimmten Moment in ihm schwebenden Erdglobus, so daß jeder Stern einem Erdort entspricht, der gerade unter ihm liegt. Betrachtet man einen künstlichen Himmelsglobus von außen, und stellt man oder wälzt man ihn so, daß für einen kleinen Bezirk, den man gerade ins Auge faßt, die Richtung nach N (zum Polarstern) zugleich die Richtung nach oben ist, so liegt links W, rechts O, wie auf der Landkarte. Benutzt man aber eine Sternkarte, wie sie jetzt hergestellt werden, die dem wirklichen Anblick des Himmels von innen entspricht, so ist, wenn der nördliche Rand oben liegt, links O, rechts W¹⁾.

2. Planeten. (Karten III bis VI, VIII.) Merkur ist Mitte März mit bloßem Auge als Abendstern zu sehen. Venus erreicht am 23. März als Abendstern, am 25. Mai als Morgenstern den größten Glanz.

Die kleinen Planeten Ceres (am 13. Mai in der Opposition 7. Größe, nahe bei γ -Wage) und Vesta (3. August 6. Größe, zwischen ζ und ψ -Steinbock) können mittels des Nautical Almanac für 1913 in einem Sternatlas (Messer, Proctor, Schur) aufgesucht und dann einige Abende hindurch am Fixsternhimmel mittels eines Feldstechers als Wandelgestirne erkannt werden.

3. Mond. (Karte VII.) Die Karte VII stellt zunächst den Lauf eines erdichteten mittleren Mondes dar, der, ohne sich weit von dem wahren zu entfernen, immer auf

der Ekliptik bleibt und jeden Tag um denselben Bogen fortschreitet. Er legt den ganzen Weg in $27\frac{1}{3}$ Tagereisen von je $13^{\circ}10'$ zurück, die in der Karte durch Zahlen 0, 1, 2 . . . 27 abgegrenzt sind. Um für eine beliebige Zeit, z. B. *Dezember 26. 6^h nachmittags*, den Ort des mittleren Mondes bequem zu finden, ist für jeden Monat eine besondere Epoche (Ruhepunkt, Start) festgesetzt und mit einer römischen Zahl bezeichnet, für Dezember mit XII. Diese Zahl bezeichnet den Punkt, wo der mittlere Mond bei Beginn des 30. November (oder Dezember 0) nach bürgerlicher Rechnung steht. Er ist dann vom Frühlingspunkt $20,22$ Tagereisen entfernt, steht also am 1. Dezember 0^h und 2. Dezember 0^h bei $21,22$ und $22,22$ der nach Tagereisen geteilten Skala der Ekliptik.

Wir bezeichnen die Zeit nach der Art der Italiener, der belgischen und französischen Fahrpläne so, daß der bürgerliche Tag, von Mitternacht bis Mitternacht, in 24 Teile zerlegt wird, deren Anfangspunkte der Reihe nach $0^h, 1^h, \dots, 23^h$ heißen. Mittag wird also mit 12^h bezeichnet. Auch in Rußland werden seit 1909 die Abgangszeiten der Auslands-Telegramme nach der bürgerlichen 24-stündigen Uhr angegeben. John Herschel empfahl sie auch den Astronomen. Das Deutsche Reich hat sie noch nicht angenommen²⁾.

Der obige Zeitpunkt ist also Dez. 26^d 18^h = Dez. 26,75^d. Der Ort des mittleren Mondes fällt auf $XII + 26,75^d = 20,22 + 26,75 = 47,0$ Tagereisen, oder, wenn man einen vollen Umlauf = $27,3$ wegläßt, auf $19,7$ Tagereisen = 259° Länge.

In der Karte VII ist die Mondbahn für die Mitte des Jahres gezeichnet; sie schneidet die Ekliptik im aufsteigenden und absteigenden Knoten Ω und ϑ ; zugleich ist durch Ω_0 der aufsteigende Knoten zu Anfang, durch Ω_1 zu Ende des Jahres angegeben; dadurch ist auch die Lage der Mondbahn bestimmt, die von dem Knoten unverändert mitgenommen wird. Für Zwischenzeiten kann ihre Lage leicht geschätzt werden. Bei 259° Länge hat die Mondbahn die Breite -5° .

Der Mond durchläuft seine Bahn nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit; die Tagereisen am Perigäum (π) sind größer, die am Apogäum (α) kleiner als der mittlere Wert.

1) Durchsichtige gläserne Himmelsgloben sollten so bemalt werden, daß die Namen von der Innenseite des Globus her oder durch die Gegenwand hindurch lesbar sind, die Sterne ihren Goldglanz nach innen senden, nach außen stumpf und unscheinbar sind. Leider ist im Münchener Deutschen Museum ein derartiger Glasglobus von kolossalen Dimensionen wie ein Papier- oder Marmorglobus behandelt.

2) Nach der Erklärung eines Ministers im Preußischen Herrenhause ist der Widerstand der preußischen Fahrplantechniker gegen die Reform unüberwindlich.

Trifft daher der mittlere Mond mit dem wahren im Perigäum π zusammen, so ist der wahre Mond bis zum Apogäum dem mittleren etwas vorauf, von da ab bleibt er gegen ihn zurück. Wieviel man zur Länge des mittleren Mondes hinzulegen muß, um die des wahren zu erhalten, wird durch die Mittelpunkts-Gleichung angegeben, die durch die positiven und negativen Ordinaten einer Kurve $\pi\alpha$ dargestellt ist für die Mitte des Jahres. Für den Anfang ist sie nach π_0 , für das Ende nach π_1 zu verschieben. Bei 259° Länge ist die zugehörige Ordinate = 6° . Daher ist die wahre Länge des Mondes = $259^\circ + 6^\circ = 265^\circ$, die Breite = -5° . Er steht bei X im Schützen.

4. Finsternisse und Planeten-Bedeckungen. (Karte IX.) Einfach und genau ergibt sich die Zeit der Finsternis und das scheinbar verwickelte Gesetz der Wiederkehr nach J. H. Lambert aus dem Kalender IX. Der Punkt, dessen Abszisse = 12 mm ist, bedeutet den Anfang des 12. Januar. Die Zeitpunkte der Mondphasen sind mit kleinen Kreisen umgeben, für Neumond schwach, für Vollmond stark ausgezogen. Der Durchgang der Sonne durch die Knoten der Mondbahn ist durch zwei große konzentrische Kreise hervorgehoben, einen schwachen und einen starken. Liegt ein kleiner schwacher Kreis ganz oder zum Teil in einem großen schwachen Kreis, so findet entsprechend eine totale oder partielle Sonnenfinsternis im Augenblicke des Neumondes statt. Ebenso geben die starken Kreise durch Ineinanderliegen oder Schneiden die Bedingung für eine totale bzw. partielle Mondfinsternis bei Vollmond an.

Während im vorigen Jahre die fast totale Sonnenfinsternis vom 17. April in unseren Gegenden mittags ein prachtvolles Schauspiel bot, bleiben diesmal alle Finsternisse für uns unsichtbar. Es finden statt: Sonnenfinsternisse (alle partiell): April 6, August 31, September 30; Mondfinsternisse: März 22 partiell, September 15 total.

Dagegen werden ziemlich viel Fixsterne vom Monde bedeckt, da seine Bahn jetzt wieder, wie vor 19 Jahren, die besonders günstige Lage hat, in der sie die Plejaden schneidet. So werden die Plejaden, γ -Krebs, Spica, π -Skorpion, ν -Wassermann mehrfach bedeckt, einmal auch (2. Mai, 7^h) der Planet Mars.

5. Räumliche Bahn. Es ist empfehlenswert, die geozentrische Bahn eines Planeten angenähert zu konstruieren, indem man die als Kreise anzunehmenden helio-

zentrischen räumlichen Bahnen nach Tagen einteilt und dann die Fahrstrahlen, die von der Erde zu dem Planeten führen, nach Größe und Richtung an einen festen Punkt überträgt. Die folgende Tabelle liefert für eine bequeme Epoche die notwendigen Konstanten.

	Mittlere Länge 1913 Jan. 0. 0 ^h	Mögliche Abweichung d. mittleren v. d. wahren Länge	Änderung der mittleren Länge in 365 ^d (U. = Umlauf)	Radius der Bahn
Merkur ♿	166,56 ^o	23 ^o	4 U. 53,72 ^o	0,39
Venus ♀	29,01 ^o	1 ^o	1 U. 224,79 ^o	0,72
Erde ☿	99,01 ^o	2 ^o	359,76 ^o	1,00
Mars ♂	261,74 ^o	11 ^o	191,29 ^o	1,52
Jupiter ♃	272,70 ^o	6 ^o	30,35 ^o	5,20
Saturn ♄	65,61 ^o	6 ^o	12,23 ^o	9,54
Uranus ♅	300,00 ^o	5 ^o	4,30 ^o	19,2
Neptun ♆	113,59 ^o	1 ^o	2,20 ^o	30,1

Die Epoche „Jan. 0“ bedeutet den Anfang des Tages, welcher dem Tage „Jan. 1“ voraufgeht, also „31. Dez. 0^h, Mitternacht“. Dies wird bei konsequenter Durchführung der italienischen Stundenbezeichnung notwendig.

Die Fixsterne in Karte I scheinen in den bisherigen Ausgaben (seit 1891) unverändert. Sie werden aber tatsächlich Jahr für Jahr etwa um 1' im Sinne wachsender Länge vorgeschoben, was bisher unmerklich ist. Im Jahre 1912 wird jeder Fixstern von seiner Position 1900 um 1^o nach links gerückt sein. Die obigen Örter gelten für das unsichtbare, gegen die Fixsterne langsam bewegliche Netz.

6. Mondort. Den Mondort kann man fast auf einen Grad genau berechnen, wenn man die Zeiträume kennt, in welchen der Mond zum Frühlingspunkt, zum aufsteigenden Knoten, zum Perigäum zurückkehrt (tropischer Monat M_1 , Drachenmonat M_2 , anomalistischer Monat M_3), und je eine Epoche, d. h. einen Zeitpunkt, wann der Mond in einem dieser drei Punkte stand.

	Dauer	Epoche: 1912 Dez.
Trop. Monat M_1	27,322 ^d	17,0 ^d
Drachenm. M_2	27,212 ^d	17,6 ^d
Anom. M. M_3	27,555 ^d	27,9 ^d

Es sei zu bestimmen der Mondort für 1913 Dez. 26^d 18^h = Dez. 26,75^d.

Man berechne die seit den Epochen vergangenen Zeiten erst in Tagen, dann in Monaten der zugehörigen Art:

$$T_1 = 374,75^d = 13,716 M_1$$

$$T_2 = 374,15^d = 13,749 M_2$$

$$T_3 = 363,85^d = 13,204 M_3$$

Die entsprechenden durchlaufenen Bogen sind, von vollen Umläufen abgesehen,

$$\begin{aligned} \psi_1 &= 0,716 U. = 258^\circ \\ \psi_2 &= 0,749 U. = 270^\circ \\ \psi_3 &= 0,204 U. = 73^\circ \end{aligned}$$

Dann ist die mittlere Länge des Mondes = $\psi_1 = 258^\circ$, die Breite = $5^\circ \sin \psi_2 = -5^\circ$, die Mittelpunktsgleichung = $6,3^\circ \sin \psi_3 = 6^\circ$. Folglich ist die wahre Länge = 264° , die Breite = -5° . Der Mond steht nahe bei X im Schützen.

Himmelserscheinungen im Februar und März 1913.

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

	Februar						März						
	1	6	11	16	21	26	3	8	13	18	23	28	
☿	AR	20 ^h 27 ^m	21. 2	21.36	22.11	22.46	23.20	23.51	0.17	0.34	0.39	0.33	0.20
	D	- 21 ^o	- 19 ^o	- 16 ^o	- 13 ^o	- 9 ^o	- 5 ^o	- 1 ^o	+ 3 ^o	+ 6 ^o	+ 8 ^o	+ 7 ^o	+ 5 ^o
♀	AR	23 ^h 54 ^m	0.13	0.31	0.48	1. 5	1.21	1.37	1.51	2. 4	2.14	2.23	2.29
	D	0 ^o	+ 2	+ 5	+ 7	+ 9	+ 12	+ 14	+ 16	+ 18	+ 19	+ 20	+ 21
☉	AR	20 ^h 58 ^m	21.18	21.38	21.58	22.17	22.36	22.55	23.13	23.32	23.50	0. 8	0.27
	D	- 17,2 ^o	- 15,7 ^o	- 14,1 ^o	- 12,4 ^o	- 10,7 ^o	- 8,8 ^o	- 6,9 ^o	- 5,0 ^o	- 3,0 ^o	- 1,1 ^o	+ 1,0 ^o	+ 2,9 ^o
♂	AR	19 ^h 12 ^m	19.28	19.44	20. 0	20.17	20.32	20.48	21. 4	21.19	21.35	21.50	22. 5
	D	- 23 ^o	- 23	- 22	- 21	- 21	- 20	- 19	- 18	- 17	- 16	- 14	- 13
♃	AR		18.33		18.41		18.49		18.56		19. 2		19. 8
	D		- 23		- 23		- 23		- 23		- 23		- 22
♄	AR	3 ^h 41 ^m					3.46						
	D	+ 18 ^o					+ 18						
☾	Aufg.	7 ^h 45 ^m	7.37	7.27	7.18	7. 7	6.57	6.46	6.34	6.23	6.11	5.59	5.47
	Unterg.	16 ^h 43 ^m	16.52	17. 2	17.12	17.21	17.30	17.40	17.49	17.58	18. 7	18.16	18.24
☉	Aufg.	5 ^h 7 ^m	8.13	9. 1	10.49	18. 5	0. 8	5.38	6.53	7.46	12.14	20. 4	1.53
	Unterg.	11 ^h 27 ^m	16.59	23. 1	4.19	7.30	8.34	12.16	18.25	—	4.49	6.11	8. 2
Sternzeit im mittl. Mittg.		20 ^h 44 ^m 12 ^s	21. 3.54	21.23.37	21.43.20	22. 3. 3	22.22.46	22.42.28	23. 2.11	23.21.54	23.41.37	0. 1.19	0.21. 2
	Zeitgl.	+ 13 ^m 48 ^s	+ 14.15	+ 14.26	+ 14.18	+ 13.51	+ 13. 9	+ 12.12	+ 11. 4	+ 9.46	+ 8.20	+ 6.50	+ 5.18

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Die Aufgangs- und Untergangszeiten für Sonne und Mond sind mittlere Ortszeiten und gelten für den Parallel von Berlin.

Frühlingsanfang am 21. März, 6^h 18^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		Febr. 6,	6 ^h 22 ^m	Febr. 14,	9 ^h 34 ^m	Febr. 21,	3 ^h 4 ^m	Febr. 27,
	März 8,	1 ^h 23 ^m	März 15,	21 ^h 58 ^m	März 22,	12 ^h 56 ^m	März 29,	13 ^h 58 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Februar	gegen Ende des Monats $\frac{1}{4}$ Stunde abends im SW sichtbar	4 Stunden lang als Abendstern sichtbar	unsichtbar	morgens $\frac{3}{4}$ bis $\frac{5}{4}$ Stunden lang sichtbar	abends $8\frac{3}{4}$ bis $6\frac{1}{2}$ Stunden lang sichtbar
im März	die Sichtbarkeitsdauer wächst zunächst bis auf $\frac{3}{4}$ Stunden an. Gegen Ende des Monats wieder unsichtbar	zuletzt nur noch 3 Stunden lang abends sichtbar. Größter Glanz am 19.	unsichtbar	gegen Ende des Monats $1\frac{3}{4}$ Stunden lang sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf $3\frac{1}{2}$ Stunden

Eine in Deutschland **unsichtbare, totale Mondfinsternis** ereignet sich um die Mittagstunde des 22. März. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

