

# Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XX. Jahrgang.

Fünftes Heft.

September 1907.

## Schulversuche über Gasgesetze.

Von

H. Rebenstorff in Dresden.

Bei der grundlegenden Bedeutung des Verhaltens der Gase und Dämpfe — auch für die Chemie — ist es lohnend, der gebräuchlichen experimentellen Behandlung der Gasgesetze einige genaue und wegen Benutzung größerer Gasmengen anschauliche Meßversuche anzuschließen, die gleichzeitig für die Reduktionen auf Normal eine direkte experimentelle Begründung liefern.

Verbindet man ein Gefäß  $G$  von bekanntem Volumen (Fig. 1) durch einen Schlauch von wenigstens 2 mm Wandstärke (oder ein durch kurze Schlauchstücke zwischengeschaltetes Glasrohr) mit dem in Wasser tief eingesenkten Meßrohr  $M$ , so ergibt dessen cm-Teilung nach höherem Einspannen des Meßrohres die Volumzunahme der abgeschlossenen Luftmenge, während an der ebenfalls eingezögten cm-Teilung die Druckabnahme ersichtlich ist. Man kann auch umgekehrt das Meßrohr leer senkrecht in das Wasser senken. Es liegt nahe, die aus diesen Versuchen sich ergebenden Bestätigungen des Mariotteschen Gesetzes für andere Gase zu wiederholen. Die Geltung des offenbar denkbar einfachsten Abhängigkeitsverhältnisses von Druck und Volumen ( $v/v' = p'/p$ ) auch für ungesättigte Dämpfe demonstriert sehr einfach eine Wiederholung der Bewegung des Meßrohres, nachdem der durch einen Quetschhahn regulierte Luftstrom eines Gummigebläses durch ein Reagenzglas mit Waschflaschenröhren und Äther bis in die Tiefe des Gefäßes  $G$  geleitet war. Man darf dabei nur nicht das Ätherglas in der Hand halten, sondern muß vor dem Einschieben des Rohres eine kurze Zeit den Dampf in die Luft blasen, damit er nachher im Gefäße sicher ungesättigt ist. Nach dem Meßversuche kann man aus dem verkehrt in ein Batterieglas gesenkten Gefäße mittels des Gebläses und eines tief eingesenkten U-Rohres den Dampf in das Glas überführen (entzünden).

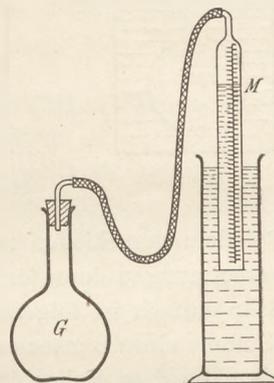


Fig. 1.

Anstatt die gefundenen Werte in die gewöhnliche Formel für das Mariottesche Gesetz zu bringen, kann man die für diese und zahlreiche andere Zwecke bequemeren Ableitungen anwenden:  $(v - v')/v = (p' - p)/p'$  oder  $(v - v')/v' = (p' - p)/p$ , in Worten: Die Volumänderung verhält sich zum *einen* Volumen wie die Druckänderung zum andern Drucke.

Beispiele: Beim Barometerstande 755 mm, der einer Wassersäule von 1033 —  $5 \frac{4}{3} = 1026$  cm entspricht<sup>1)</sup>, wurde ein Luftvolumen von 1040 ccm durch Anheben

<sup>1)</sup> Ds. Zeitschr. XVIII 277.

des Meßrohres um 32,2 cm im Betrage von 34 cm vergrößert. Durch Einsetzen ergibt sich:  $34:1040 = 32,2:(1026 - 32,2)$ , was annähernd zutrifft (Dampfbildung vermehrte das Volumen ein wenig). Nach der (a. a. O.) angegebenen Überschlagsrechnung nimmt infolge einer Druckabnahme um 1 cm Wasserhöhe das Gasvolumen um  $1\frac{0}{100}$  zu.  $32,2 \cdot 1,04$  ergibt 33,49 ccm.

Dem Ansteigen des Druckes um 10, 20, 30 cm entsprach eine Abnahme des jetzt 1240 ccm betragenden Volumens um 12, 24, 35,5 ccm. Die Überschlagsrechnung wird um so ungenauer, je mehr der Druck über 1000 cm Wassersäule ansteigt (man berechnet: 12,4, 24,8, 37,2 ccm).

Die tieferdenkende Schüler überraschende Übereinstimmung der Wärmeausdehnung verschiedener Gase kann man mit einem starkwandigen Kolben, der nahe dem angeschmolzenen Hahne eine Litermarke hat, durch Anschluß an einen Gasmeßzylinder zu 100 ccm schnell wiederholt prüfen (Fig. 2). Das nach Herausnehmen des Hahnstopfens mittels eines tief eingesenkten Rohres einzuleitende Gas läßt man vorher eine Trockenvorrichtung durchstreichen. Will man die Abweichung des durch den Hahn abgeschlossenen Luftraumes von 1 l anders als durch die annähernde

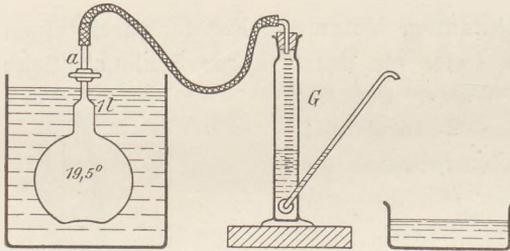


Fig. 2.

Messung der Dimensionen des Raumes oberhalb der Litermarke ermitteln, so gießt man Quecksilber in den Kolben und läßt es nach Umkehren auslaufen, bis es den kritischen Raumteil erfüllt. Würde man jetzt den Kolben aufrichten, so wäre genau 1 l darin abschließbar. Wägen der gesondert herausgelassenen Quecksilbermenge ergibt genau den Überschuß des Kolbeninhaltes über 1 l.

Bei dem verschieden möglichen Gebrauche des Kolbens fallen umständliche Ergebnisberechnungen dann fort, wenn die Zimmerwärme das Temperaturintervall mitbegrenzt. Sehr einfach ist folgendes Verfahren. Der trocken gefüllte Kolben kommt bei *a* in die Klemme eines Bunsenstativs; die Klemme von der Fußplatte abgewendet. So senkt man bis nahe dem Hahne in Eiswasser ein und rührt mit einem Holzlöffel gut um. Nach etwa 2 Minuten schließt man den Hahn, hebt den Kolben (mit dem Stativ) heraus und bringt ihn an den bis zur Nullmarke gefüllten Gasmeßzylinder, der neben einem Trog mit Wasser von Zimmerwärme steht, das man zweckmäßig auf  $19,5^{\circ}$  temperiert. Nach dem Einbringen des Kolbens streift man den Verbindungsschlauch auf und achtet unter Beobachten des Wasserstandes am Abflußrohr und nach vorherigem geringen Zusammendrücken des Schlauches darauf, daß nicht eine etwas größere Luftmenge beim Aufstreifen des Schlauches mit hineingepreßt wird. Bei vorsichtigem Öffnen des Hahnes strahlt das Wasser aus dem zuvor über einer Schale etwas herabgedrehten Rohre; nach einer Minute ist der Temperatureausgleich (Umrühren) schon nahezu beendet. Man stellt auf Niveaugleichheit ein und läßt einen Schüler die Volumzunahme mit ablesen, die auf 1000 ccm Kolbenluft nahe gleich 72 ccm gefunden wird. In vielen Fällen genügt der Hinweis, daß die Verkleinerung dieses Betrages infolge Ausdehnung des Kolbens von 0 bis  $19,5^{\circ}$  der Vergrößerung durch Dampfbildung im Meßzylinder entgegenwirkt (0,6 gegenüber ungefähr 1,4 ccm). Die Schüler ersehen, daß 1000 ccm von  $0^{\circ}$  es bei  $19,5^{\circ}$  auf 1072 ccm bringen. Geht man vom letzteren Volumen aus, so beträgt die Verdichtung sehr nahe  $\frac{1}{15}$  (Reduktionsrechnung). Der Koeffizient für  $0^{\circ}$  ist  $72:19,5 \cdot 1000 \sim \frac{1}{270}$ . Ein zweites Gas kann

man nunmehr in den vor dem Herausnehmen des Hahnstopfens am Hahne gut abgetrockneten Kolben einleiten, nach dem Umrühren des Bades den Hahn schließen und neben dem Eiswasserbade die Volumabnahme in der gleich zu beschreibenden Weise bestimmen.

Zuvor sei erwähnt, daß man auch eine zylindrische Flasche ( $\sim 1$  l) aus kräftigem Zinklech mit einem Rohransatz von etwa 7 mm Außenweite an Stelle des Kolbens besonders zweckmäßig beim Erwärmen auf  $100^\circ$  verwenden kann (Z. Fig. 3). Den Luftinhalt findet man mittels des Meßrohres zu 200 ccm nach ds. Zeitschr. XVI. 349 oder — auf einzelne ccm genau durch ruhiges Hineinhalten mittels eines festen, in den Rohransatz gesteckten Drahtes in einen großen Verdrängungsapparat (von M. Kohl, Chemnitz), wenn man das Zinkvolumen aus Gewicht und Dichte ermittelt und von der Wasserverdrängung abzieht. Mittels des herausnehmbaren Holzgriffes wird das Zinkgefäß in der Stativklemme festgehalten (*a*). Nach dem Einbringen in ein Bad mit siedendem Wasser schließt man den Schlauch neben dem Rohransatz durch einen Schraubenquetschhahn *d* dicht ab und überführt in das Wasser von Zimmerwärme. Es ist gut, vor dem Anschließen des Schlauches

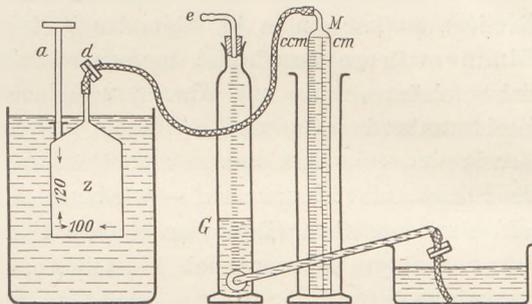


Fig. 3.

zum Messen der Volumabnahme den innen oft etwas dampfhaltigen Schlauch oberhalb des Quetschhahnes einmal mit nassen Fingern zu kühlen.

Um auch jetzt den Gasmesszylinder *G* zu benutzen, setzt man auf das Ende des Abflußrohres ein Schlauchstück von etwa 8 cm nebst Quetschhahn, läßt nach Herabdrehen bis zu einer tiefen ccm-Marke ausfließen und schließt den Quetschhahn; das Schlauchende taucht dabei in eine Schale mit Wasser ein. Nach dem Anschließen des Schlauches bei *e* öffnet man zuerst am Abflußrohr, dann am Zinkgefäß vorsichtig. Man stellt nach dem Temperatenausgleich und nach Anheben der Schale, mit der man das Abflußrohr des oben festgehaltenen Zylinders bequem aufwärtsdreht, auf Atmosphärendruck ein. Ist der Wasserstand schließlich außen tiefer, so braucht man nur aus einer Pipette in das etwas rückwärts gedrehte Abflußrohr, von dem der Schlauch entfernt war, Wasser hineinfließen zu lassen.

Erwähnenswert ist die in der Figur gezeichnete Verwendungsart des Meßrohres *M*. Man stellt es in einen leeren Zylinder und schließt oben an. Nun wird Wasser eingegossen und nach dem Öffnen des Quetschhahnes dieses derart bemessen, daß entweder zuletzt gleiches Niveau ist (direkte Ablesung der Volumabnahme), oder daß das Wasser innen bei einer bestimmten Marke steht, z. B. bei 200 ccm. Steht es dann außen tiefer, so hat man auf jedes cm der Niveaudifferenz  $\frac{1}{1000}$  des angeschlossenen Volumens zu 200 ccm zu addieren. Man kann so scharf ablesen, während bei gleichem Niveau die äußeren Menisken etwas stören.

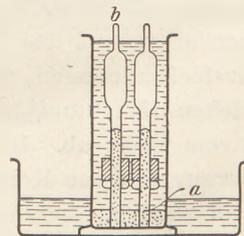


Fig. 4.

Gleichzeitig zeigen die mit verschiedenen Gasen gefüllten Röhren der Fig. 4 annähernd die Gleichheit der thermischen Volumänderungen. Die Gase leitet man aus einem engen in *a* geschobenen Rohre in die trockenen Röhren ein, die hierauf in das etwa 1 cm hoch in einen niederen Zylinder gegossene trockene Quecksilber

kommen. Das Röhrechen *b* dient als Griff. Es enthält einen farbigen Papierstreifen zur Kennzeichnung. Die Röhrechen sind durch einen Metallring beschwert, der über Glasknöpfen aufrucht. Gießt man vorsichtig Wasser in den Zylinder und erwärmt dieses, indem man nach Hineinstellen in eine Schale durch einen Trichter heißes Wasser bis zum Überlaufen nachgegossen wird, so entweichen Blasen durch die Flüssigkeiten. Wechselt man die Schale und gießt kaltes Wasser ebenso nach, so ziehen sich die Luftvolumina gleichweit zusammen, was das blanke Metall gut sichtbar macht. Man kann auch mit Dampf heizen; ferner ein kleines Drahtstativ für die in einem Schälchen stehenden Röhrechen vorrichten, das man abwechselnd in kaltes und heißes Wasser senkt.

Verfügt man über einen Raum mit ziemlich gleichmäßiger niedriger Temperatur (Keller), so kann man in folgender Weise bequem die Ausdehnung von Luft bei Zimmerwärme annähernd messen. Einige große, teils mit etwas konzentrierter Schwefelsäure, teils mit Wasser versehene Flaschen läßt man nebst einem guten Minimumthermometer einige Stunden in dem kühlen Raume stehen. Nach Abschließen der in den sehr fest aufgesetzten Gummistopfen befindlichen Hahnrohre bringt man die Flaschen ins Zimmer und — wieder nach geraumer Zeit — streift man den Schlauch auf, der zum Gasmeßzylinder *G* (wie Fig. 2) führt. Bei der Demonstration ergibt das verdrängte Wasser nach Einstellen auf Atmosphärendruck die Volumzunahme, der minimale und der gegenwärtige Stand des Thermometers die Temperaturdifferenz. Die Schüler schließen, daß die Luft bei Abkühlung von Zimmerwärme um je 3 Grad sich um ca. 1% zusammenzieht, wenn sie trocken ist. Luft, die feucht gesättigt bleibt, ändert ihr Volumen um 19° herum mit je 2 Grad Temperaturänderung um annähernd 1%.

Es erübrigt die Beschreibung eines Versuches, der das Volumen des in Luft von Zimmerwärme vorhandenen Wasserdampfes zu  $\frac{1}{50}$  des Luftvolumens angibt. In der unter 1 angegebenen Weise trocknet man mittels eines nicht zu schnell durch den Trockenturm getriebenen Luftstromes den vorhin erwähnten Hahn-Literkolben möglichst aus und setzt den Hahnstopfen wieder geschlossen ein. Im Bade von Zimmerwärme läßt man den Kolben dessen Temperatur annehmen, bringt sodann über den kurz vorher noch einmal geöffneten Hahn destilliertes Wasser (in *a*, Fig. 2), soviel in dem Rohrstück Platz hat, und streift den Schlauch darüber, der am Meßzylinder zu 100 ccm sitzt. Öffnet man nun den Hahn des Kolbens, so fließt ein Teil des Wassers hinunter; den Rest bringen einige Druckbewegungen gegen den Schlauch in den Kolben. Fast sofort beginnt das Wasser aus dem über eine Schale herabzudrehenden Rohre zu fließen. Damit nach einiger Zeit das Luftvolumen genau um  $\frac{1}{49}$  vergrößert erscheint, muß das Wasserbad auf 17,7°<sup>1)</sup> temperiert sein. Auf 1 l würden 20,4 ccm ausfließen müssen, was man sehr annähernd bestätigt findet (umgekehrt: 1020,4 ccm ziehen sich um  $\frac{1}{50}$  zusammen). Für je 0,7 Grad höherer Wasserbadwärme fließt je 1 ccm mehr ab. Die bekanntlich langsame Sättigung beschleunigt man, wenn der herausgehobene Kolben so hin und her geneigt wird, daß recht viele Wandstellen naß werden.

Anhang. In Gefäßen mit manometrischem Abschlusse (Luftthermoskopen) vermehrt eine Temperaturzunahme (Dampfbildung, barometrisches Sinken) gleichzeitig das Volumen und den Druck (Manometerstand), ein Ergebnis, das meistens nur

<sup>1)</sup> Es sei daran erinnert, daß die Reduktion eines feuchten Gases von 19° auf 0° genau stattfindet durch aufeinanderfolgende Subtraktion von  $\frac{1}{15}$  und  $\frac{1}{50}$ .

qualitativ betrachtet wird. Für die quantitative Beurteilung der wirkenden Ursache kann man manche Manometer so verändern (durch Verschieben der Rohr- Schlauch- verbindung), daß der Druck oder auch das Volumen der abgeschlossenen Luftmenge wieder den früheren Wert erhält. Die nun zu messende Volumen- bzw. Druck- zunahme macht die Größe der wirkenden Ursache erkennbar.

Diese Einstellung des Manometers kann man auch in Gedanken vollziehen und berechnen, welches Stück zu der beobachteten Änderung von Druck oder Volumen hinzuzuzählen ist, damit es ebenso wird, wie wenn am Manometer die andere Veränderliche konstant gemacht wäre. Es sei durch eine der erwähnten Ursachen Volumen und Druck gleich  $v$ , bez.  $p$  geworden. Preßt man nun außen am Manometer soviel Luft hinein, daß das Luftvolumen das frühere (vor der Erwärmung) wird — es sei gleich  $v'$  — so sei der Druck auf  $p'$  gestiegen. Da  $v'$  als Anfangsvolumen der Luft im Apparat bekannt sein kann, verwenden wir die Beziehung:  $(v - v')/v' = (p' - p)/p$ . Hieraus folgt die zu berechnende Vergrößerung der zunächst abgelesenen Druckzunahme, nämlich  $p' - p = (v - v') \cdot p/v'$ . War die Flüssigkeit im Manometer um  $a$  cm vorgedrungen, und hat 1 cm des Manometerrohres den Inhalt von  $m$  ccm, so ist  $v - v' = a \cdot m$ . Der Druck  $p$  war im Luftraume vor dem Ändern am Manometer vorhanden, meistens sehr nahe der Atmosphärendruck; er ist natürlich durch die Länge einer Säule der Manometerflüssigkeit anzugeben. Man findet:  $p' - p = p \cdot a m/v'$ , d. h. für kleine Steighöhen ist die Korrektion, um die die abgelesene Druck- zunahme zu vergrößern ist, wenn es wie bei konstantem Volumen werden soll: der gleiche Bruchteil des Atmosphärendruckes, der die beobachtete Volum- zunahme vom Gesamtvolumen ist. Natürlich gilt Ähnliches für Volum- und Druckabnahmen.

Besteht das Manometer einfach aus einer durch den Stopfen des Gefäßes mit  $v'$  ccm Luft bis in eine Bodenschicht Wasser führenden Kapillaren (1 cm hat  $m$  ccm), so sinkt das Niveau im Gefäß sehr wenig (Fig. 5). Zu einem Manometeranstieg um  $a$  cm kommt für konstantes Volumen hinzu:  $p' - p = (p + a) \cdot a m/v'$ . Der erhöhte Druckanstieg ist also bei Vernachlässigung von  $a$  gegenüber  $p$  gleich  $a + p \cdot a m/v'$  oder  $a(1 + p \cdot m/v')$ . Den Wert des Klammer- ausdruckes findet man nun sehr einfach wie folgt. Den freien Manometerschenkel verbindet man mittels eines Schlauches mit einem in einem Zylinder mit der gleichen Manometerflüssigkeit stehenden Glasrohre. Dieses zieht man soviel höher, daß die Flüssigkeit darin z. B. 20 cm höher steht als außen. Nun liest man am Manometer die Druckänderung  $a$  ab und setzt sie, mit dem Klammerwert multipliziert, gleich 20, woraus sich das Unbekannte und auch das Verhältnis  $m/v'$  ergibt.

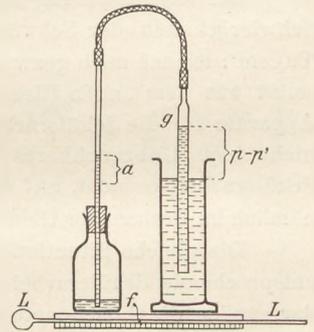


Fig. 5.

In ähnlicher Weise läßt sich die Bedeutung der Druckanzeige eines Manometer- U-Rohres in Verbindung mit einem bestimmten Gefäßraume beurteilen.

Sofort kann man angeben, um welche Strecke der Flüssigkeitsfaden des empfindlichen Luftthermoskopes  $L$  (Fig. 5) mit wagerechter Anzeigeröhre durch 1 Grad Temperaturänderung bewegt wird.

Bei 18° ändert diese ein Luftvolumen ohne Dampfdruck um  $1/201$ , ein feucht gesättigt bleibendes um  $\sim 1/200$ . Man findet nun die gesuchte Strecke der Röhre, wenn man den Druck in der abgesperrten Luft um denselben Bruchteil erhöht und

die Bewegung des Flüssigkeitsfadens  $f$  abmißt. Hierzu braucht man nur mittels eines Schlauches ein fingerdickes Glasrohr mit dem zugespitzten Ende anzuschließen, das man bis zum Eintreten der Niveaudifferenz, wie  $g$  in Wasser senkt. Bei 760 mm ist z. B. ein äußerer Überdruck von  $1033:291 = 3,55$  cm erforderlich, um bei dem Thermoskop die Verschiebung ( $1^\circ$  Änderung) hervorzurufen. Es gilt wieder  $(v-v')/v' = (p'-p)/p = 1/291$ . Natürlich wird genauer ein Mehrfaches des kleinen Überdruckes verwendet.

## Ein Beitrag zu den physikalischen Schülerarbeiten.

Von

Dr. P. Salcher, Professor der Marineakademie in Fiume.

Der Wert der physikalischen Schülerarbeiten ist allgemein anerkannt; nicht ebenso einig ist man über das Warum, Was und Wie der Übungen. Nur Erfahrungen können da auf den richtigen Weg führen. Deshalb erlaube ich mir, einen kleinen Beitrag zu liefern aus meinen Wahrnehmungen über die Schülerarbeiten an der k. u. k. Marineakademie. Ich behalte hierbei den Unterricht an den oberen Klassen einer Mittelschule im Auge, denen im großen und ganzen die unteren Klassen der Akademie entsprechen.

Als Zweck der Übungen betrachte ich das Beobachten und Denken, das Erlernen einfacher Messungen, wie sie jeder gebildete Mensch kennen soll, und das Würdigen der körperlichen Arbeit neben der geistigen.

Was für Arbeiten gemacht werden sollen, darüber gibt es bereits Bücher. Aber manche Beispiele gefallen mir schon deshalb nicht, weil sie nur schulbuchmäßige Versuche sind, die nun der Schüler anstatt des Lehrers machen soll. Wie immer man den Zweck angeben mag, die Arbeiten der Schüler sollen im allgemeinen etwas Eigenes sein, etwas anderes als die Experimente des Lehrers.

Bei der Einführung der Schülerarbeiten begegnet gewiß mancher Lehrer unter anderen Schwierigkeiten der Schwäche des nervus rerum. Auch ich, machte aber aus der Not eine Tugend: ich sah mich gezwungen, aus dem vorhandenen Material des physikalischen Kabinetts, selbst aus dem „alten Eisen“, wie es wohl in jeder physikalischen Sammlung vorhanden ist, Apparate für die Schülerarbeiten zusammenzustellen und herstellen zu lassen. Dadurch wurde nicht bloß Unbrauchbares wieder brauchbar gemacht, sondern auch manche geeignete Schülerarbeit erdacht, auf die ich sonst wahrscheinlich nicht gekommen wäre, wenn ich nämlich im Besitze der Geldmittel an der Hand der Preiskurante nur zu wählen gehabt hätte.

Die gleiche Situation bietet manchem Lehrer die dankeswerte Gelegenheit, zweckentsprechende Schülerarbeiten zu ersinnen. Denn sicher stehen wir heute erst am Anfang der großen didaktisch-methodischen Reform, welche durch die Schülerarbeiten in den physikalischen Unterricht eingeführt wird.

Diesmal will ich aus der Serie der Aufgaben, welche sich auf die Mechanik beziehen, einige anführen, ohne zu behaupten, daß sie alle ganz neu sind. Zuvor hätte ich aber zu bemerken, daß jeder Schüler seine Aufgabe, auf einem Karton geschrieben, samt dem Arbeitsheft auf seinem Arbeitsplatze vorfindet.

1. Hebel. Am einarmigen Hebel I (Fig. 1) ist die Achse  $C$  markiert (ein über die Rolle gehender Bindfaden ist mit beiden Enden eingehängt), der Hebel in 8 Teile geteilt; man gleiche das Eigengewicht durch ein Gewicht an dem von  $S$ , dem Schwerpunkt, ausgehenden Faden aus, belaste den Hebel in  $A$  mit 200 g, bringe die in  $B$  gleichgewichtshaltende Kraft an und bestimme den Achendruck in  $C$ . Dasselbe ist für den zweiarmigen, in 9 Teile geteilten Hebel II zu machen. Ist die Aufgabe fertig, so läßt der Lehrer den Schüler das eine Fadenende in  $C$  aushängen und die gefundene Belastung anbringen, um ihn sofort von der Richtigkeit oder Unrichtigkeit der Lösung zu überzeugen. Ebenso dann in  $C^1$ .

Diese sehr einfache Aufgabe bezweckt, auf die Größe des Achsendruckes und dessen Verschiedenheit an beiden Hebeln aufmerksam zu machen: bei gleicher Last und gleicher Kraft erfordert die Achse des zweiarmigen Hebels eine festere Stützung.

Zum Apparat möchte ich bemerken, daß der in das Holzstativ eingezogene Draht, an dem die Rollen beliebig verschiebbar sind, in diesen wie ähnlichen Fällen den Gebrauch von Rollen und die Beschaffung von Fixpunkten, z. B. beim Potenzrollenzug, vereinfacht.

2. Fixe Rolle. An dem nur aus einer fixen Rolle, einem darüber gelegten Bindfaden und einem Stativ bestehenden Apparat ist das zur Überwindung der Reibung erforderliche Übergewicht beim Heben der Lasten von 100, 200, 300, 400 und 500 g zu bestimmen. Last und Übergewicht sind auf dem beigegebenen Millimeterpapier graphisch darzustellen und der Zusammenhang zu folgern.

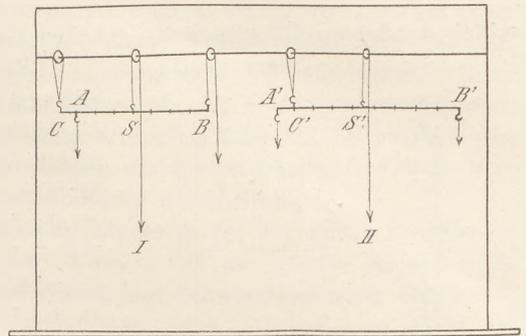


Fig. 1.

Daß die erhaltene Kurve in einer Geraden besteht, überrascht den Schüler und belehrt ihn von der Proportionalität zwischen Reibung und Normaldruck.

Die graphische Darstellung verlange ich überhaupt bei allen Aufgaben, wo sie Interesse bietet und erregt.

3. „Seilmaschine“. Ein Bindfaden ist so, wie die Fig. 2 veranschaulicht, angebracht und bei A mit 500 g belastet; es sind die Spannungen auf den Strecken AB und AC zu bestimmen. Zur Winkelmessung dient das in Fig. 3 dargestellte Instrument: ein Karton mit Halbkreis-Gradeinteilung, welcher an einem Stabe auf- und abwärts verschoben und auch gedreht werden kann.

Ist die Aufgabe gelöst, so läßt der Lehrer den Bindfaden von dem Haken D abhängen und die für die Strecke AC gefundene Kraft anbringen, damit sich der Schüler gleich überzeuge, ob er gut gearbeitet hat. Der Punkt A wird bei richtiger Lösung an seiner Stelle bleiben.

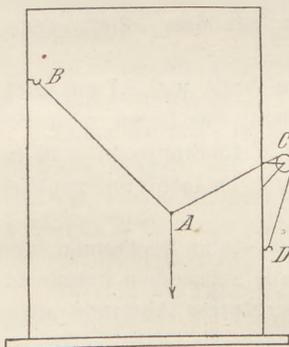


Fig. 2.

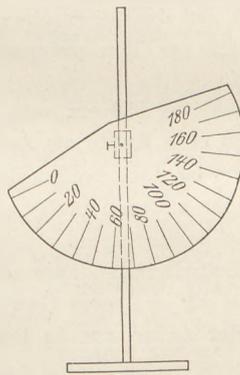


Fig. 3.

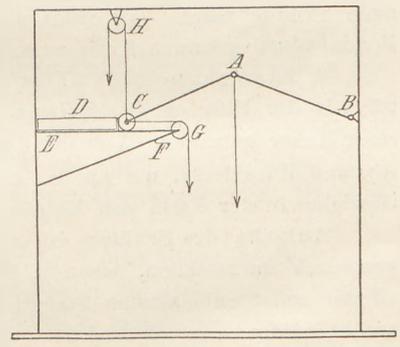


Fig. 4.

4. „Kniepresse, Bock“. Zwei Magnesiumstäbe mit Zirkelgelenk bei A (Fig. 4) sind an einem Stativ so angebracht, daß sich der eine Stab gelenkig bei B an das Stativ, der andere, mit einem Röllchen C versehen, gegen ein Stück Holz stemmt, welches vorübergehend auf die Schiene EF zwischen Röllchen und Stativ gelegt ist. Vom Stabende C geht ein Bindfaden über die Rolle G, ein anderer über die Rolle H. — Es ist für die gegebene Belastung von 400 g der Stäbe bei A die Kraftwirkung längs AC, daraus der horizontale Schub und der vertikale Stützendruck in C zu bestimmen. Als Hilfsmittel dient eine Halbkreiseinteilung wie in Aufgabe 3.

Ist die Aufgabe gelöst, werden die betreffenden Kräfte als Gewichte an den über die Rollen  $G$  und  $H$  führenden Bindfäden angebracht und beobachtet, ob nach Entfernung der Holzstütze  $D$  das Stabende  $C$  an seiner Stelle bleibt.

5. Ladebaum. Nach Fig. 5 ist der eigentliche Ladebaum  $AB$  bei  $A$  direkt, bei  $B$  mittels der Schnur  $BC$  vom Stativ gehalten. An der losen Rolle  $D$  hängt die Last von 500 g.

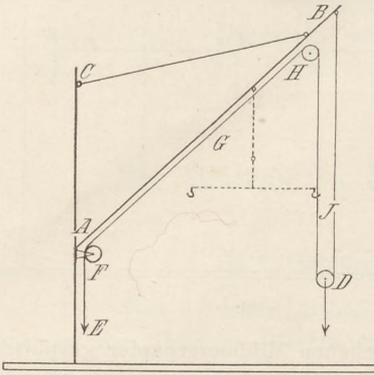


Fig. 5.

Es ist die Spannung der laufenden Teile zu bestimmen, während die Last mit der kleinsten Kraft bei  $E$  gehoben wird. Zu dem Ende ist nach Ermittlung dieser Kraft, welche zugleich die Spannung auf der Strecke  $EF$  bedeutet, der Bindfaden von der Rolle bei  $F$  abzulegen und durch ein Gewicht, welches in die bei  $G$  in dem Bindfaden schon vorhandene Schlinge eingehängt wird, die Spannung auf der Strecke  $FH$  so zu bestimmen wie früher bei  $E$ . Hierauf wird die ebenfalls schon vorhandene Schlinge bei  $J$  an das eine Ende eines Wagebalkens gehängt und an das andere das erforderliche Gewicht, um die Last zu heben.

Die gefundenen Spannungen sind graphisch darzustellen.

6. Flaschenzug (für 50 kg Tragkraft). Es ist mittels Dynamometer zu bestimmen die effektive minimale und maximale gleichgewichtshaltende Kraft für die Last 20 kg, ferner die minimale arbeitende Kraft für 10 und 20 kg und ist der Wirkungsgrad für diese zwei Fälle anzugeben.

7. Fadenpendel. In einen (photographischen) Dreifuß, auf den Tisch gestellt, ist ein mit Gewicht belasteter Draht eingehängt. Das Gewicht ist durchbohrt, zur Aufnahme eines kleinen Glastrichters mit teilweise verstopfter Mündung, so daß (blauer) Streusand nur langsam auslaufend auf einem darunter gelegten Blatt Papier zeichnet. Die Aufgabe lautet: Bestimmung der Schwingungsdauer, wenn das Pendel linear, dann infolge eines entsprechenden Impulses in einer Ellipse und zuletzt in einem Kreise schwingt; dieser ist vom Pendel mit dem Sand zu zeichnen; für den hierbei sich ergebenden Zusammenhang der Schwingungsperioden ist die Erklärung niederzuschreiben.

Bei dieser wie anderen Aufgaben ist darauf gesehen, daß die Arbeit dem Schüler auch Freude macht. Er freut sich, wenn es ihm gelungen ist, mit dem schwingenden Pendel einen genauen Kreis zu zeichnen.

8. Stangenpendel. Eine Eisenschiene, 250 cm lang, 3 cm breit und 0,7 cm dick, trägt in der Mitte ein Stahlprisma, dessen eine Kante als Achse dient; das Lager wird von einer Mauer getragen. Von der Achse aus ist nach beiden Seiten hin die Stange in je 10 cm Abstand durchlocht, um an der einen oder anderen Stelle oder auch an mehreren zugleich Gewichte in der Form von Metallscheiben anzubringen.

Aufgabe des Schülers ist es, die Schwingungsdauer des Pendels zu bestimmen und graphisch darzustellen, wenn z. B. ein 4 kg schweres Gewicht (aus 2 Scheiben bestehend) an der sonst unbelasteten Stange von der Achse aus in immer größerem Abstände angebracht wird.

Die Darstellung auf dem Millimeterpapier zeigt eine schnelle Abnahme, hierauf eine langsame Zunahme der Schwingungsdauer, also auch ein Minimum an.

Die Wichtigkeit dieser Aufgabe liegt in der wiederholten Wahrnehmung, daß selbst Leute mit Hochschulstudium, vor ein solches Pendel gestellt und befragt, wie sich z. B. beim Abwärtsverschieben des Gewichtes die Schwingungsdauer ändern werde, zur Antwort geben: sie werde zunehmen. Sie haben das einfache Pendel im Gedächtnis und klammern sich an die Formel für die Schwingungsdauer mit der Pendellänge. Nach meinem Dafürhalten ist es Fehler des Unterrichts, ja beinahe eine Irreführung, wenn man das einfache Pendel zum Alpha und Omega der Lehre von der pendelnden Bewegung macht.

9. Schiffsektion als Pendel. Auch diese Aufgabe verfolgt den Zweck, daß sich der Schüler von den auf die Schwingungsdauer eines physischen Pendels Einfluß nehmenden Faktoren eine richtige Vorstellung bilde.

Ein annähernd kreisförmig gebogener Blechstreifen (Fig. 6), 10 cm breit, ist mit Glas, welches auf beiden Seiten bis zur Höhe  $AB$  reicht, zu einem wasserdichten Trog geformt, der bei  $C$  um eine Achse pendeln kann. Diese ist an 2 Schienen  $DE$  angebracht, welche die Ränder des Blechstreifens verbinden. Der Träger der Achse ist in eine Mauer eingesetzt.

Mit der Achse und den Schienen verbunden ist ferner ein Stab  $FG$ , an welchem ein verschiebbares Gewicht  $H$  unterhalb der Achse und ein mit 2 verstellbaren Gewichten versehener, ebenfalls verschiebbarer Querstab  $JK$  oberhalb der Achse sitzen.

Die Aufgabe lautet: Bestimmung der Schwingungsdauer in der gegebenen Anordnung, ferner, wenn die am vertikalen Stab angebrachten Gewichte um die gleiche Strecke, z. B. 10 cm, gehoben werden, und Begründung der Änderung der Schwingungsdauer durch Angabe der Änderung des Drehungs- und Trägheitsmomentes.

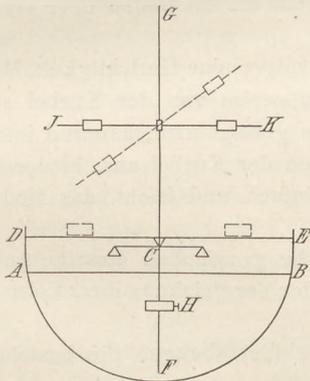


Fig. 6.

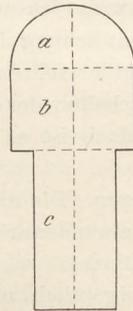


Fig. 7.

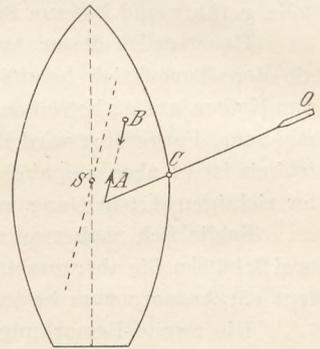


Fig. 8.

Die Aufgabe läßt sich dadurch variieren, daß noch auf die Schienen  $DE$  Gewichte gelegt und auch verschoben werden können, ferner daß der Stab  $JK$ , in vertikaler und horizontaler Ebene drehbar, in eine andere Lage gebracht und daß in den Trog Wasser gegeben und auch durch Einsetzen einer Scheidewand zu stärkerem Mitschwingen gezwungen werden kann.

10. Bestimmung des Gewichtes und des Schwerpunktes eines Körpers aus zwei Partialwägungen.

Diese Aufgabe lehnt sich an den praktischen Fall an, daß z. B. ein mit Langhölzern beladener Wagen, der mit beiden Räderpaaren gleichzeitig auf einer Brückenwaage nicht Platz hat, zuerst mit dem einen Räderpaar, dann mit dem andern abgewogen wird. Ich gebe als Objekt z. B. einen Anker, als Waage die Dezimalwaage.

11. Bestimmung des Schwerpunktes eines nach Fig. 7 profilierten Brettes.

Es sind die Schwerpunkte der drei Teile  $a$ ,  $b$ ,  $c$  auf Papier zu konstruieren, daraus der Schwerpunkt des Ganzen zu berechnen und auf dem Brett zu markieren.

Ob richtig gearbeitet wurde, davon überzeugt der Lehrer den Schüler, indem er das Brett an der markierten Stelle mittels einer eingesteckten Nähnadel an einen Faden hängt und sein Verhalten beobachtet.

12. Analysierung der Kraftwirkung beim Rudern, mit Hilfe eines Modells, das einfach aus einem entsprechend zugeschnittenen Brett (Fig. 8) und einem Ruderstabe besteht, dessen Verbindung mit dem Brett durch einen Stift in  $C$  hergestellt ist.

Gegeben sei die Kraft des Ruderers mit 30 kg im Punkte  $A$ . Der Schüler hat die Kräfte anzugeben, welche infolgedessen auf das Boot ausgeübt werden: die Gegenkraft am Sitze des Ruderers in  $B$  und die vom Ruder (beim Verhältnis  $CO : AO = 3 : 4$ ) auf das Boot übertragene Kraft in  $C$ . Diese zwei Kräfte sind bei gleichzeitiger Hinzufügung zweier

Kräftepaare nach dem Schwerpunkt  $S$  des Bootes zu verlegen und sodann die einzelnen Wirkungen der so verlegten Kräfte und Kräftepaare zu beschreiben u. s. w.

Eine Aufgabe wie diese, soll den Schüler gleichzeitig über den Vorteil belehren, eine etwas kompliziertere Aufgabe an der Hand eines wenn auch nur sehr einfachen, vielleicht selbst angefertigten Modells zu lösen.

13. Eichung einer Zeiger- oder Federwage und Angabe ihrer Empfindlichkeit bei einer mittleren und der maximalen Belastung.

Ich ersetze bei Aufgaben, wo es sich um die empirische Anfertigung einer Skala handelt, die bereits vorhandene richtige Skala durch einen Papierstreifen, um dann, wenn der Schüler seine Arbeit gemacht hat, die neue Skala mit der ursprünglichen zu vergleichen.

14. Kurbeltrieb. An einem Modelle, welches die Umwandlung einer oszillierenden Kolbenbewegung in eine drehende Bewegung veranschaulicht, ist die erforderliche Kraft zu bestimmen, um die Kurbel aus verschiedenen Stellungen (von  $30$  zu  $30^\circ$  des Schwungrades) herauszubringen. Dazu graphische Darstellung.

In der Ausführung wird vom Führungsstab des Kolbens ein Bindfaden über eine fixe Rolle geführt und bis zur Bewegung der Kurbel belastet.

Gelegentlich dieser Aufgabe verweise ich auf die fast allgemeine Unrichtigkeit, Modelle wie den Kurbeltrieb behufs Veranschaulichung ihrer Arbeitsweise von der Kurbel anstatt vom Kolben aus zu betreiben. Der Schüler soll das, was ihm gezeigt wird, dauernd im Auge behalten. Vorgeführt wird ihm das Arbeiten des Modells von der Kurbel aus, in der Wirklichkeit ist es aber umgekehrt. Und doch ist es ebenso einfach und leicht, das Modell in der richtigen Art in Gang zu setzen.

Schließlich noch zwei Bemerkungen. Die eine: ich gebe gewöhnlich dieselbe Aufgabe zwei Schülern, die aber unabhängig voneinander arbeiten. In der Vergleichung ihrer Leistungen liegt ein Ansporn zum besseren Arbeiten.

Die zweite Bemerkung betrifft eigentlich nicht die Schülerarbeiten. Sie bezieht sich auf den Begriff Arbeit.

Nach meinem Dafürhalten wird dieser Begriff gewöhnlich nicht mit der seiner fundamentalen Bedeutung entsprechenden Präzision gegeben. Die Erklärung, daß, um  $k$  Kilogramm  $m$  Meter zu heben,  $k \cdot m$  Kilogramm Meter Arbeit erforderlich ist, ist doch nicht richtig, oder wäre nur richtig, wenn das Heben unendlich langsam stattfände. In Wirklichkeit ist die Arbeit stets größer, weil die zum Heben von  $k$  Kilogramm notwendige Kraft um den Betrag größer ist, der dem zu hebenden Gewicht auch eine Beschleunigung gibt. Ohne diese ist das Heben eines in Ruhe befindlichen Körpers überhaupt unmöglich. Tatsächlich kann die Arbeit des Hebens jeden beliebigen Wert annehmen, zwischen  $(k \cdot m)$  bei unendlich langsamem und zwischen  $\infty$  bei unendlich schnellem Heben.

Anschließend daran möchte ich endlich auf die Gefährlichkeit des Satzes aufmerksam machen: Was man bei einer Maschine an Kraft gewinnt, verliert man an Weg. Denn das ist falsch. In Wirklichkeit ist es niemals so. Dieser Satz dürfte niemals ohne ausdrückliche Betonung der Bedingung „wenn es keinen Widerstand gäbe“ ausgesprochen werden.

## Ein Apparat zur Bestimmung der Verdampfungswärme.

Von

Dr. Georg W. Berndt in Cöthen (Anhalt).

In den physikalischen Praktiken begnügt man sich gewöhnlich damit, die Verdampfungswärme des Wassers unter Atmosphärendruck bestimmen zu lassen, und bedient sich dazu wohl meist des folgenden einfachen Verfahrens: Der in einem Kolben erzeugte Wasserdampf wird in einem mit einer gewogenen Menge Wasser gefüllten Bechergläse kondensiert und die Temperaturerhöhung gemessen. Die Masse des Kondensats  $M$  bestimmt man entweder

durch Wägung des Becherglases oder des Kolbens. Namentlich das erste Verfahren leidet aber an dem Übelstande, daß sich  $M$  nur als kleine Differenz zweier verhältnismäßig großer Massen ergibt, die sich selten mit einer Genauigkeit von 0,1 g werden bestimmen lassen. Ein weiterer wesentlicher Fehler wird dadurch verursacht, daß sich in der Rohrleitung ein Teil des Dampfes kondensiert, und dieser beim Passieren des Kalorimeters nur seine Flüssigkeits-, aber nicht mehr seine Verdampfungswärme  $V$  abgibt. So betragen die mit diesem Verfahren erhaltenen Resultate für  $V$  etwa 430 Kal., ein Wert, der von dem richtigen um 20% abweicht. Es gelang mir auch nicht, diese Methode durch einen Dampfmantel um das Zuleitungsrohr wesentlich zu verbessern.

Nun ist aber eine genaue Bestimmung der Verdampfungswärme sehr wünschenswert. Ich habe deshalb den folgenden einfachen Apparat konstruiert. In ein 20 cm hohes und 2 Liter fassendes Gefäß aus etwa 1 mm starkem Messingblech wird mit 4 Windungen eine Schlange aus Messing- oder Kupferrohr von 7–8 mm lichtigem Durchmesser eingebaut (siehe die Figur), der Eintritt der Kühlschlange erfolgt seitlich; sie wird dann sofort etwas nach unten gebogen, damit nicht die oberen Wasserschichten durch die gleich beim Eintritt in das Kalorimeter erfolgende Kondensation zu stark erwärmt werden. Der Austritt der Kühlschlange erfolgt mit einem kurzen senkrechten Stück durch den Boden des Kalorimeters exzentrisch. Die Spirale wird so angeordnet, daß sie von den Wänden etwa 15 mm entfernt bleibt und überall genügendes Gefälle besitzt. Durch ein zentrales Loch des Deckels wird das  $\frac{1}{10}^{\circ}$  zeigende Thermometer eingeführt. In 2 weitere kleine Löcher sind zwei 2 cm lange Röhrchen eingelötet, welche dem Rührer eine gute Führung sichern. Derselbe besteht aus zwei etwa 5 cm übereinander angeordneten Messingblechen, die vielfach durchbohrt sind und in der Mitte eine Öffnung für das Thermometer besitzen. An die beiden Bleche sind 2 Messingdrähte angelötet. Es ist nötig, dem Rührer etwas Führung zu geben, damit er glatt innerhalb der Kühlschlange bewegt werden kann und nicht durch Stöße den Apparat erschüttert.

Das Kalorimeter, einschließlich des abnehmbaren Deckels, ist hochglanz poliert und vernickelt; zum Schutz gegen Wärmestrahlung wird es von einem zweiten Messingzylinder umgeben, dessen Durchmesser 4 cm größer ist. Dieser ist innen hochglanz poliert und vernickelt. Das Kalorimeter ruht in dem Zylinder auf 3 Korkscheiben. An der Ein- und Austrittsstelle der Kühlschlange trägt der Mantel entsprechende Durchbohrungen.

Der Dampf wird in einem kleinen Kessel entwickelt und durch Dampfschlauch dem Kalorimeter zugeführt; vor dem Eintritt in dasselbe passiert er einen Wasserabscheider. Dieser besteht aus einem, durch einen Kork verschlossenen, unten zugeschmolzenen Glasrohr. Durch den Kork führen 2 Röhren etwa 1 cm weit hindurch. Etwa mitgerissenes Wasser sammelt sich unten. Das Rohr, durch welches der Dampf wieder austritt, wird mit Gewinde an der Kühlschlange befestigt. Zum Schutz gegen Wärmeverlust wird der Wasserabscheider in Watte gehüllt.

Der Gang der Beobachtung ist der folgende. Das Kalorimeter wird zunächst leer, dann mit Wasser gefüllt gewogen. Zu dem Zweck setzt man es auf einige geeignete Klötze. Unter fortwährendem Rühren (das schon einige Minuten vorher begonnen) läßt man das Kondensat in ein untergestelltes Becherglas tropfen. Da etwas Kondensat in der Kühlschlange zu Anfang zurückbleibt, wartet man, bis das Tropfen regelmäßig erfolgt (etwa 1 Min.). Die Heizung reguliert man so, daß das Thermometer allmählich steigt, es erfolgen dann etwa 2–3 Tropfen pro Sek. Sobald das Kondensat regelmäßig abtropft, vertauscht man das Becherglas mit einem andern, vorher (bis auf  $\frac{1}{10}$  g) gewogenen und liest in diesem Augenblick das Thermometer ab. Nach einer Temperatursteigerung von etwa  $4^{\circ}$  entfernt man das Becherglas und liest wiederum die Temperatur ab. Erneuerte Wägung liefert die Masse des Kondensats; da diese etwa 10 g beträgt, würde bei Wägungen bis auf  $\frac{1}{10}$  g der Fehler unter  $\frac{1}{4}\%$  bleiben.

Eine Berücksichtigung der Strahlungsverluste, auch durch Anwendung des Rumford'schen Kunstgriffes, ist nicht erforderlich, da der Versuch nur wenige Minuten dauert, und

der Mantel einen ausgezeichneten Schutz gewährt. Wichtig ist aber, daß sich hinter dem Wasserabscheider keine Verengungen befinden, da diese ein unregelmäßiges Tropfen bedingen. Aus demselben Grunde muß die Kühlschlange die angegebene Weite besitzen. Ferner ist die Heizung geeignet zu regulieren, da bei zu schneller Dampfbildung das Kondensat zu rasch durchströmt und sich nicht auf die Kalorimetertemperatur abkühlt.

Durch die oben angegebene Art der Beobachtung, die ich im Gegensatz zu der sonstigen als dynamische bezeichnen möchte, ist es mir gelungen, recht gute Resultate zu erzielen. Die Berechnung erfolgt nach der Formel

$$V = \frac{(M + C \cdot \sigma) \cdot (te - ta) - m \left( T - \frac{te + ta}{2} \right)}{m},$$

wo bezeichnen

- $M$  die Masse des Wassers,  
 $C$  - - - Kalorimeters,  
 $m$  - - - Kondensats,  
 $\sigma$  - spez. Wärme des Kalorimeters (Messing 0,093),  
 $c$  - - - der untersuchten Flüssigkeit  
 (für Wasser habe ich durchweg  $c = 1$  gesetzt),  
 $T$  die Siedetemperatur (für Wasser aus dem Barometerstande entnommen),  
 $ta$  - Anfangstemperatur des Kalorimeters,  
 $te$  - Endtemperatur

Da die Erwärmung des Kalorimeters prop. der Zeit erfolgt, kann man mit genügender Genauigkeit annehmen, daß das Kondensat eine mittlere Kalorimetertemperatur, also  $\frac{ta + te}{2}$ , annimmt.

Im folgenden teile ich einen Versuch ausführlich mit:

Masse der Klötze . . . . .	333,2 g	
- - - + Kalor. . . . .	1106,6 g	$C = 773,4$ g
- - - + Wasser . . . . .	3061,2 g	$M = 1954,6$ g
- des Becherglases . . . . .	36,55 g	
- - - + Kond. . . . .	47,70 g	$m = 11,15$
Anfangstemperatur des Kal. . . . .		$ta = 19,63^\circ$
Endtemperatur des Kal. . . . .		$te = 23,00^\circ$
Barometerstand . . . . .	760,50	bei $19,5^\circ$
Korrektion (Messingskala) . . . . .	2,41	
Barometerstand, korrigiert . . . . .	758,09	
Siedetemperatur . . . . .		$T = 99,93^\circ$
Verdampfungswärme . . . . .		$V = 533,9$ Kal.

Weitere Versuche, die mehr als 1 Jahr auseinanderliegen, ergaben

531,1, 540,7, 534,2 Kal.,  
 Mittel 535,2 Kal.

Die größte Abweichung vom Mittelwert bleibt unter 1%, die Abweichung von dem gewöhnlich als richtig angenommenen Wert 537 ist gleichfalls kleiner als 1%. Auch im Laboratorium hat sich der Apparat seit längerer Zeit gut bewährt. Eine mir bei Zusammenstellung der Apparate gerade vorliegende Arbeit zweier (allerdings sehr gewissenhaft arbeitender) Praktikanten ergibt z. B. den Wert 534,2 Kal.

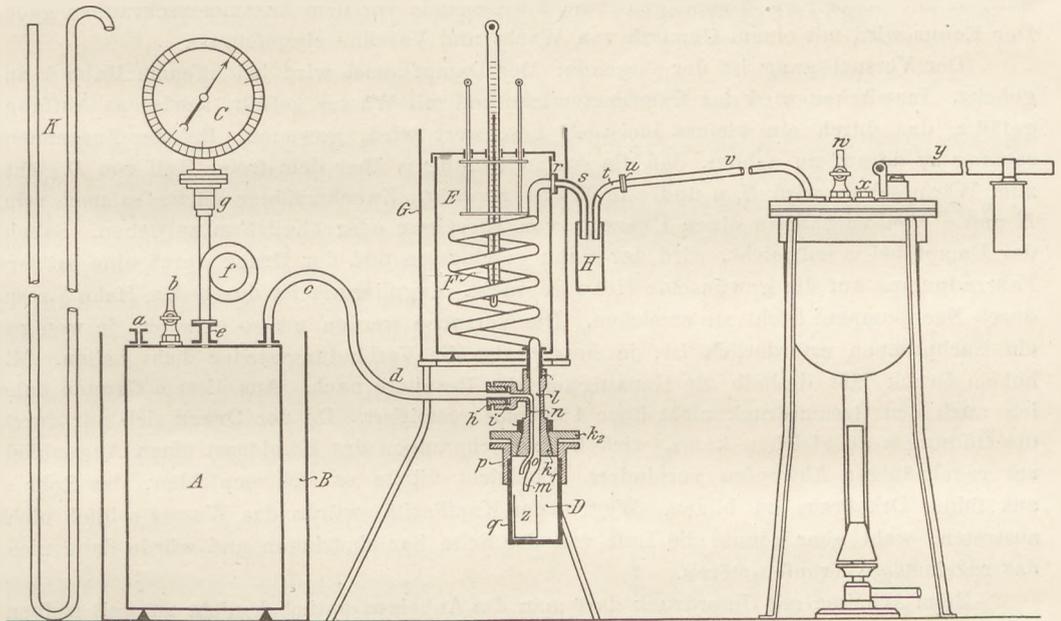
Für einige andere Flüssigkeiten ergeben sich analog die folgenden Resultate:

Äther ( $T = 35,0$ ,  $c = 0,56$ ) 88,3, 90,6,  
 Mittel 89,5. Richtiger Wert 90.  
 Benzol ( $T = 80,4$ ,  $c = 0,41$ ) 94,6, 90,2,  
 Mittel 92,4. Richtiger Wert 94,4.

Alkohol ( $T = 78,4$ ,  $c = 0,65^1$ ) 219,7, 223,9,  
Mittel 222,1. Richtiger Wert 208 bis 216.

Bei diesen Flüssigkeiten habe ich mit Kondensatmengen von etwa 30 g gearbeitet, denen Temperaturerhöhungen im Kalorimeter von ca.  $1,8^\circ$ ,  $1,2^\circ$  resp.  $4^\circ$  für Äther, Benzol, Alkohol entsprechen. Einem zu starken Verdunsten des Kondensats habe ich dadurch vorgebeugt, daß ich neben das Auffanggefäß (in diesem Falle ein Wägegläschen) das mit dem zuerst aufgefangenen Kondensat z. T. gefüllte Becherglas stellte. Während der Wägung wurde das Wägegläschen natürlich geschlossen. Wenn man vom Alkohol, der etwas wasserhaltig, und für den die Angaben der Literatur um 4% schwanken, absieht, beträgt sowohl die Abweichung vom Mittelwert wie vom richtigen Wert etwa 2%. Ich glaube, durch die mitgeteilten Werte die Brauchbarkeit des Apparates zur Bestimmung der Verdampfungswärme genügend bewiesen zu haben.

Die günstigen Resultate, welche ich mit dem dynamischen Prinzip erhielt, bewogen mich, dasselbe auch auf eine Konstruktion zur Bestimmung der Verdampfungswärme unter höherem und niederem Druck zu übertragen. Ich halte es für sehr wünschenswert, daß Studierende des Maschinenbaues auch im Laboratorium lernen, daß sich die Verdampfungswärme mit dem Druck (resp. der Siedetemperatur) ändert, und in welchem Sinne diese Änderung erfolgt. — Das Vertauschen der beiden Auffanggefäße läßt sich am einfachsten durch eine Drehung erreichen, so entstand die folgende Konstruktion (siehe die Figur):



Um den Einfluß kleiner Druckschwankungen unschädlich zu machen, wurde ein Windkessel *A* (s. Fig.) von etwa 5 l Inhalt aus 1 mm starkem, Boden und Deckel aus 2 mm starkem Messingblech gebaut. Zum Schutz gegen Temperaturschwankungen wurde dieser in einen größeren mit Wasser gefüllten Zinkblechzylinder *B* gestellt. Auf dem Deckel des Windkessels wurden angelötet ein Pneumatikventil *a*, ein Messinghahn *b*, ein halbkreisförmig gebogenes Kupferrohr *c* von etwa 6 mm Durchmesser, in das weiterhin ein Bleirohr *d* von ca. 4 mm äußerem Durchmesser gelötet wurde, und eine Schraube *e*. An dieser wurde das Schutzrohr *f* des Manometers *C* befestigt. *f* und *C* wurden durch die Überfangmutter *g* verbunden. Das Manometer reicht bis 18 Atm. und besitzt eine solche Teilung, daß einem Druck

<sup>1)</sup> Bestimmt nach der Kalorifer-Methode, da der Alkohol etwas wasserhaltig ist. Die übrigen Angaben entnommen: Berndt, Physik. Prakt. I, 1906, S. 301.

von  $0,2 \text{ kg/cm}^2$  ein Intervall von 6 mm entspricht, so daß  $\frac{1}{10} \text{ kg}$  noch mit großer Genauigkeit zu schätzen ist.

Das Bleirohr  $d$  wurde durch die Überfangmutter  $h$  mit dem Messingrohr  $i$  verbunden; von diesem führt ein Kupferrohr  $n$  von 4 mm äußerem Durchmesser in den Auffangraum  $D$ , der durch den Konus  $k_1, k_2$  abgeschlossen wird. In denselben ist mit Hanf und Mennige das Rohr  $l$  eingesetzt, das an die Kühlschlange  $F$  angeschraubt wird.  $l$  endet in die exzentrisch abgebogene 4 mm weite Spitze  $m$ . Innerhalb des etwa 10 mm Durchmesser besitzenden Rohres  $l$  befindet sich das Rohr  $n$  und führt bei  $o$  heraus, wo beide Rohre verlötet sind. Auf den äußeren Teil des Konus  $k_2$  wird ein Messingzylinder  $p$  geschraubt, in welchem das Glasgefäß  $q$  eingesiegelt ist.  $k_2$  und  $p$  tragen einen etwa 1 cm breiten Flansch. Ein versehentliches Anheben des Konus vermeidet die darüber befindliche Mutter.

Das Kalorimeter  $E$  mit seinem Mantel  $G$  ist unverändert geblieben. Bei  $r$  wird der Wasserabscheider  $H$  (ein Metallrohr, in welches die Zuführungsrohre  $s$  und  $t$  eingelötet sind) angeschraubt.  $t$  wird durch die Überfangmutter  $u$  mit dem Rohr  $v$  verbunden, das auf den Papinschen Topf aufgeschraubt ist. Man bemerkt auf demselben noch den Auslaßhahn  $w$ , die Einfüllöffnung  $x$  und das Sicherheitsventil  $y$ .

Sollen Bestimmungen bei Unterdruck vorgenommen werden, so wird an Stelle des Manometers  $C$  bei  $g$  eine Mutter mit einem eingelöteten Messingrohr eingeschraubt, das durch Vakuumschlauch mit dem Quecksilbermanometer  $K$  verbunden wird. Die einzelnen Stellen werden, soweit sie mit Dampf in Berührung kommen, mit in Firnis getränktem Asbest, die übrigen mit Leder resp. Gummi gedichtet, die Gewinde vor dem Zusammenschrauben geölt. Der Konus wird mit einem Gemisch von Wachs und Vaseline eingefettet.

Der Versuchsgang ist der folgende: Der Dampfkessel wird bei offenem Hahn  $w$  angeheizt. Inzwischen wird das Kalorimeter leer und mit Wasser gefüllt, sowie das Auffanggefäß  $z$ , das durch ein kleines Bleistück beschwert wird, gewogen. Bei der Zusammensetzung ist darauf zu achten, daß die Ausflußöffnung  $m$  über dem freien Teil von  $D$  steht; zum Wärmeschutz wird  $H, u$  und  $v$  in Watte gepackt. Zweckmäßiger dürfte es noch sein,  $H$  und  $v$  von vornherein einen Überzug von Kieselgur oder ähnlichem zu geben. Sobald der Dampf bei  $w$  entweicht, wird der Hahn geschlossen und der Druck durch eine größere Fahrradpumpe auf die gewünschte Höhe gebracht. Regulierung ist durch den Hahn  $b$  resp. durch Nachpumpen leicht zu erreichen. Die Versuche werden um so genauer, je weniger ein Nachpumpen erforderlich ist, je besser also die Verbindungsstellen dicht halten. Mit hohem Druck läßt deshalb die Genauigkeit der Resultate nach. Aus diesem Grunde habe ich auch den Gesamtdruck nicht über  $4 \text{ kg/cm}^2$  gesteigert. Da der Druck sich nur durch die Öffnung  $m$  ausgleichen kann, wird beim Nachpumpen das Kondensat einen Augenblick am regelmäßigen Abtropfen verhindert. Vielleicht dürfte es sich empfehlen, das Rohr  $m$  aus feiner Drahtgaze zu bilden. Wegen der Kapillarität würde das Wasser seitlich nicht austreten, wohl aber könnte die Luft von der Seite her eindringen und würde dann nicht das regelmäßige Tropfen stören.

Beim Arbeiten mit Unterdruck darf man das Anheizen natürlich nicht zu weit treiben. Zum Evakuieren entfernt man das Ventil  $a$  und verbindet dann das Rohr mit der Wasserstrahlpumpe.

Die Siedetemperaturen habe ich nicht direkt gemessen, sondern aus den Drucken und der Dampftabelle<sup>1)</sup> bestimmt. Es genügt, wenn man den Atmosphären-Druck mit  $1 \text{ kg/cm}^2$  in Rechnung setzt. Nachfolgend die Versuchsergebnisse:

$$\frac{1}{2} \text{ kg/cm}^2 \quad (T = 81,0) \quad 544,6, \quad 568,3. \quad \text{Mittel } 556,5.$$

Richtiger Wert 550,2.

$$2 \text{ kg/cm}^2 \quad (T = 120,0) \quad 512,0, \quad 528,8, \quad 530,5. \quad \text{Mittel } 523,8.$$

Richtiger Wert 523,0.

$$4 \text{ kg/cm}^2 \quad (T = 143,0) \quad 523,1, \quad 518,7. \quad \text{Mittel } 520,9.$$

Richtiger Wert 507,3.

<sup>1)</sup> Lorenz, Technische Wärmelehre, 1904, S. 218.

Auch hier bleiben die Abweichungen vom Mittelwert innerhalb 2%.

Wenn man den Auffangraum *D* etwas größer ausbildet, ist es möglich zwei Gefäße in demselben unterzubringen, so daß man bei demselben Druck 2 Versuche hintereinander anstellen kann, ohne den Apparat auseinander nehmen zu müssen.

Am bequemsten arbeitet es sich mit dem Apparat bei Unterdruck. Läßt man die Wasserstrahlpumpe langsam weiter in Tätigkeit, so gelingt es, durch geeignetes Öffnen von *b* den Druck fast konstant zu halten. Sollte der Apparat nur für Unterdruck bestimmt sein, so könnte der ganze Kessel *A* sowie die Teile *d*, *h*, *i* und *n* fortfallen. Man würde dann einfach in den Konusteil *k*, ein Rohr einlöten und an dieses Manometer und Pumpe durch Vakuumschlauch anschließen. Da man aber in der Praxis gewöhnlich mit Überdruck arbeitet, ist es entschieden vorteilhafter, den Apparat auch für höheren Druck einzurichten.

Aus alledem geht hervor, daß es bei sehr sorgfältigem Arbeiten und einiger Übung gelingt, mit dem beschriebenen Apparat Werte für die Verdampfungswärme zu erhalten, die, auch unter Über- oder Unterdruck, auf 2–3% genau sind.

Bei Anstellung der Versuche wurde ich von meinem Assistenten Herrn Ing. W. Hassenstein in dankenswerter Weise unterstützt.

Cöthen, Physik. Labor. d. Polytechnikums.

## Ein Absolut-Elektrometer für Vorlesungszwecke.

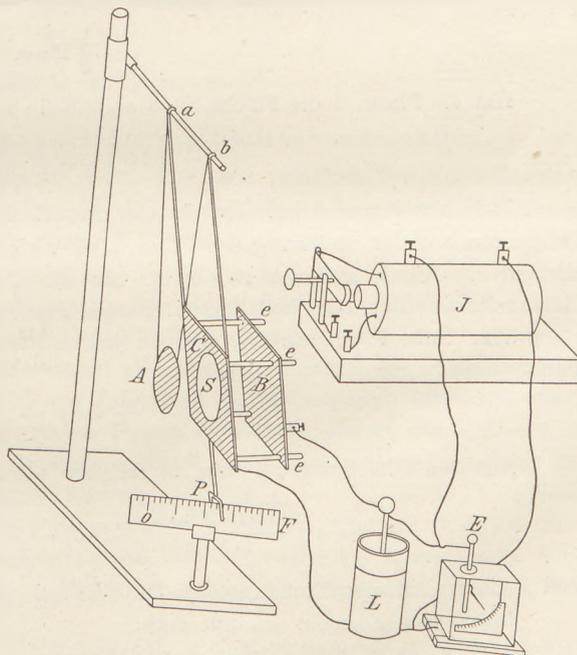
Von

Prof. A. L. Korollkow in St. Petersburg.

Die Elektrometer nach Kelvin, Lippmann usw. sind so kompliziert und teuer, daß nur exklusive Schulen solche Apparate anschaffen können. Für Lehrzwecke ist es aber sehr nötig, den Schülern zu zeigen, daß es möglich ist, die Potentialdifferenzen absolut, d. h. mittels einfacher geometrischer und mechanischer Vorrichtungen zu messen.

Das Pendel-Elektrometer, welches ich für meine Vorlesungen konstruierte, ist sehr einfach und billig und kann auch bequem zum Kalibrieren anderer Elektrometer in Volt und zum Messen der Dielektrizitätskonstanten der verschiedenen festen und flüssigen Stoffe dienen.

Eine leichte runde Aluminiumplatte *A* (0,1 mm Dicke) ist mit zwei leitenden Fäden oder ganz feinen Drähten an einem Metallstativ (in den Punkten *a* und *b*) angehängt (s. Figur). Gegenüber der Platte *A* hängt an zwei Stangen eine andere Platte *C* mit rundem Fenster *S*, die wie ein Schutzring dient. Der Durchmesser des Fensters *S* ist nur sehr wenig kleiner als der Durchmesser der Platte *A*. Den Schutzring *C* kann man um dieselbe Achse *ab* wie die Pendelplatte *A* drehen. Am Schutzringe ist ein Zeiger *P* befestigt,



den man über einem Lineal *OF* verschieben und mittels dessen man den Schutzring in verschiedener Neigung feststellen kann. Im Anfang des Experimentes (vor der Elektri-

sierung) muß man den Schutzring *C* in vertikale Lage bringen, bis die Platte *A* und der Schutzring *C* einander ganz nahe aber ohne Druck berühren. Der Zeiger *P* soll in dieser Lage auf 0 stehen.

Der Schutzring trägt ferner vier Ebonitständer *e, e*, welche eine dritte Metallplatte *B* isolieren. Diese Platte *B* kann man näher oder weiter von *C* schieben, aber so, daß *B* und *C* immer parallel miteinander sind. Das ganze System *B* und *C* kann man von der Nulllage ablenken, indem man den Zeiger *P* mittels einer Federklemme am Lineal *F* festhält. Auf diesem liest man die Ablenkung *h* aus der Nullage ab.

Der Schutzring *C*, die Pendelplatte *A* und das Stativ sind mit der Erde verbunden. Die Platte *B* erhält ein Potential, dessen Größe in bezug auf die Erde gemessen werden soll. Zum Elektrisieren der Platte *B* dient eine kleine elektrostatische Maschine, ein Induktorium oder eine Hochspannungsbatterie. Eine Leidener Flasche *L* dient dazu, um das Potential leichter konstant zu erhalten; die innere Belegung dieser Flasche ist mit Platte *B* verbunden, die andere Belegung mit der Erde. Ein einfaches Papier- oder Aluminium-Elektrometer (nach B. Kolbe zum Beispiel) dient zur Kontrolle und zur Regulierung der Konstanz des Potentials.

Die Platte *B* zieht nun die mit der Erde verbundene Pendelplatte *A* an, und diese legt sich an den Schutzring *C* derart an, daß das ganze System bis zu einem gewissen Winkel  $\alpha$  abgelenkt werden kann, bevor das Pendel *A* durch sein Gewicht von *C* abgerissen wird.

Es sei *P* das Gewicht des Pendels *A* in *g*, *l* der Abstand der Achse *ab* vom Lineal *F*, *h* die Ablenkung des Zeigers *P* in der Lage, in der das Pendel *A* von *C* abgerissen wird. Die abreißende Kraft ist  $P \sin \alpha$  oder bei kleinem *h* ohne merkbaren Fehler gleich  $P \cdot h / l \cdot 981$  Dyn. Die anziehende Kraft zwischen *A* und *B* ist

$$S \sigma \cdot \frac{1}{k} 2 \pi \sigma = \frac{1}{k} 2 \pi S \sigma^2.$$

Hier ist  $\sigma$  die Elektrizitätsmenge auf einer Flascheneinheit, *k* die Dielektrizitätskonstante des Mediums zwischen *A* und *B*,  $2 \pi \sigma$  die Kraft, mit der die positiv geladene Platte *B* eine negative Elektrizitätseinheit in Luft anzieht; im anderen Medium ist diese Kraft

$$\frac{1}{k} 2 \pi \sigma.$$

Hat die Platte *A* die Fläche *S*, so enthält sie  $S \sigma$  negative Elektrizitätseinheiten. Nun ist

$$\frac{1}{k} 2 \pi S \sigma^2 = P \cdot \frac{h}{l} \cdot 981 \dots \dots \dots 1)$$

Zwischen *A* und *B* herrscht ein elektrostatisches Feld, dessen Intensität gleich ist dem Quotienten aus der Änderung des Potentials *V* zwischen den beiden Platten und dem Plattenabstand *a*. Einen anderen Ausdruck für dieselbe Intensität bekommen wir aus der Flächendichte  $\sigma$  der *n*-Elektrizität auf beiden Platten, weil der Abstand der Platten klein ist gegenüber ihrer Flächengröße, und in jedem Punkt einer homogene Kraft  $1/k \cdot 4 \pi \sigma$  wirkt. Daher

$$\frac{1}{k} 4 \pi \sigma = \frac{V}{a} \dots \dots \dots 2)$$

Aus den Gleichungen 1) und 2) erhalten wir

$$V = a \sqrt{\frac{8 \pi P \cdot 981 \cdot h}{l \cdot S \cdot k}} \text{ C.G.S.} = 300 a \sqrt{\frac{8 \pi P \cdot 981 \cdot h}{l \cdot S \cdot k}} \text{ Volt} \dots \dots 3)$$

weil 1 elektrostatische Einheit gleich 300 Volt ist.

Aus diesen Formeln erkennt man:

1. Die Empfindlichkeit des Elektrometers ist unabhängig von der Größe der Öffnung *S*, da in Formel 3) nicht einfach *P* steht, sondern  $P/S$ , was gleich dem Produkt der Dicke der Pendel-Platte und ihres spezifischen Gewichtes ist. Wenn der Durchmesser

der Öffnung und der Platte  $A$  gleich wäre, so wäre  $P/S = 0,01 \cdot 2,7$  (da 2,7 das spez. Gew. des Aluminiums, 0,01 die Dicke der Platte  $A$  ist).

In einem angefertigten Apparate ist  $A$  etwas größer als  $S$  und  $P/S = 0,040$ ,  $8 \pi P/S =$  ungefähr 1,  $l = 100$  cm, daher

$$V = 940 a \sqrt{\frac{h}{k}} \text{ Volt.}$$

2. Die Ablenkungen des Apparates sind dem Quadrate des Potentials proportional. Wenn zwischen beiden Platten Luft ist ( $k = 1$ ) und der Plattenabstand  $a = 1$  cm, dann ist bei  $h = 1$  cm die Potentialdifferenz 940 Volt; bei  $h = 0,1$  cm und  $a = 0,1$  ist die kleinste meßbare Potentialdifferenz ungefähr 35 Volt; bei  $h = 4$  cm,  $a = 1$  cm,  $V = 1880$  Volt usw.

3. Bei konstanter Potentialdifferenz  $V$  ist die Empfindlichkeit des Apparates umgekehrt proportional dem Quadrat des Abstandes  $a$ .

$$a_1 \sqrt{h_1} = a_2 \sqrt{h_2}.$$

4. Zwischen die Platten  $B$  und  $C$  kann man Platten aus Glas, Ebonit, Holz, Pappe usw. legen. Dann sind bei konstanter Potentialdifferenz die Ablenkungen des Apparates der Dielektrizitätskonstante des Mediums zwischen  $B$  und  $A$  proportional.

$$\frac{h_1}{k_1} = \frac{h_2}{k_2}.$$

Um Flüssigkeiten zu untersuchen, bedeckt man die Öffnung  $S$  mit einer sehr feinen Glimmerplatte, die an  $C$  mit Leim angeklebt ist und schraubt an die Platte  $C$  ein Ebonitgefäß, in dem man die Platte  $B$  näher oder weiter schieben kann, und das mit Flüssigkeiten (Petroleum, Alkohol) gefüllt ist.

## Zwei elektrostatische Messversuche.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

### I. Bestimmung der Verstärkungszahl eines Plattenkondensators.

Da die Verstärkungszahl eines Kondensators von dem relativen Feuchtigkeitsgrade der Luft abhängig, also veränderlich ist, so hat eine bequeme Methode ihrer Bestimmung eine praktische Bedeutung, indem die Kenntnis dieser Zahl uns in den Stand setzt, die Angaben des ohne Kondensator benutzten Elektrometers auf Volt zu reduzieren. Natürlich muß das Elektrometer eine Eichungsskala haben, dessen zurzeit gültiger Skalenwert durch einen Versuch, etwa vermittelt eines Normal-Daniell (1,07 Volt) bestimmt worden ist.

Bei meiner bisherigen Berechnungsweise<sup>1)</sup> der Verstärkungszahl des Plattenkondensators war ich WEINHOLD<sup>2)</sup> gefolgt, indem ich folgenden Gedankengang einschlug: Ist  $L$  die ursprüngliche Ladung der unteren Platte, so bindet sie auf der oberen Platte  $L' = x \cdot L$ . Wird nun die obere Platte abgeleitet (1. Berührung oben), so bindet sie wiederum auf der unteren Platte denselben Betrag der eigenen Ladung ( $L'$ ), also  $L_1 = x \cdot L' = x^2 \cdot L \dots$  usw.

Diese Ableitung befriedigte mich nicht. Daher versuchte ich das Kapazitätsverhältnis des offenen zu dem geschlossenen Kondensator zu bestimmen<sup>3)</sup>, doch kam ich erst im Sommer 1906 auf die im folgenden angegebene Bestimmungsweise, die

<sup>1)</sup> Einführung in die Elektrizitätslehre I; 1. Aufl. S. 142; 2. Aufl. 1904, S. 148 (etwas modifiziert).

<sup>2)</sup> Vorschule der Experimentalphysik, 3. Aufl. S. 399.

<sup>3)</sup> Einführung in die Elektrizitätslehre, I, 2. Aufl. S. 64.

auch Noack<sup>1)</sup> neuerdings im wesentlichen angegeben hat, doch ist seine Ableitung etwas anders.

Die Ladung der oberen Platte berücksichtigen wir gar nicht und bezeichnen mit  $x$  den Bruchteil der ursprünglichen Ladung ( $L$ ) der unteren Platte, der durch die abgeleitete obere Platte auf der unteren (!) gebunden wird, und welcher nach der 1. Berührung (unten) als Restladung ( $L_1 = x \cdot L$ ) nachbleibt. Dann ist das Kapazitätsverhältnis oder die Verstärkungszahl das Verhältnis der ursprünglichen Ladung zur freien Elektrizität der unteren Platte (nach der I. Ber. oben), also

$$k = \frac{L}{L - x \cdot L} = \frac{1}{1 - x}$$

Da bei guten Kondensatoren eine einmalige Ableitung (erst oben, dann unten) nur eine sehr kleine Differenz ergibt, die nicht genau zu messen ist, so können wir die Doppelberührungen<sup>2)</sup> fortsetzen und erhalten:

Untere Platte (+ E)	Obere Platte (- E)
Ursprüngliche Ladung = $L$ . . . . .	. . . . .
Gebundene $L_1 = x \cdot L$ . . . . .	1. Berührung (oben). . . . . .
1. Berührung (unten): Restladung $L_1 = x \cdot L$ . . . . .	. . . . .
Gebunden $L_2 = x \cdot L_1 = x^2 \cdot L$ . . . . .	2. Berührung (oben). . . . . .
2. Berührung (unten): Restladung $L_2 = x^2 \cdot L$ . . . . .	. . . . .
Gebunden $L_3 = x \cdot L_2 = x^3 \cdot L$ . . . . .	3. Berührung (oben). . . . . .
-----	-----
. . . . .	$n$ . Berührung (oben). . . . . .
Gebunden, und nach der $n$ . Berührung (unten als Restladung . . . . .	. . . . .
$L_n = x^n \cdot L$ . . . . .	. . . . .

Hieraus ergibt sich  $x^n = L_n / L$ , also

$$x = \sqrt[n]{L_n / L} = \text{Num.} \left( \frac{\log L_n - \log L}{n} \right), \text{ woraus } k = \frac{1}{1 - x}$$

Bei genügend trockener Luft (48% relat. Feuchtigkeit bei 21° C.) erhielt ich, bei einer Ladung  $L = 5,0$  Eichungsgrade, nach 10 Doppelberührungen  $L_{10} = 4,7$ , woraus  $x = 0,9949$ , also  $1 - x = 0,0051$ , mithin als

$$\text{Verstärkungszahl } k = 1 / (1 - x) = 196.$$

Am folgenden Tage, wo inzwischen wieder geheizt worden war, zeigte das Lambrechtsche Polymeter 45% relat. Feuchtigkeit (bei 21,5° C.). Jetzt war  $k = 205$ ; im Mittel also  $k = 200$ .

Ein Normal-Daniell gab (mit dem Kondentor) 1,1; d. h. die Eichungsskala entsprach genügend genau einer Voltskala.

1) Elementare Messungen aus der Elektrostatik. Abh. über Didaktik u. Philos. der Naturwissenschaften; Sonderhefte der Zeitschr. f. phys. u. chem. Unt., Bd. II, H. 1; S. 45-47.

2) Meine Kondensatorplatten haben Ableitungsdrähte von 90 mm Länge, die (unten) am Leitungsstabe und (oben) an der Schraube des Ebonitgriffes verschraubt sind. Der Abstand der etwa 15 mm vorragenden, mit Ösen versehenen Enden beträgt ca. 20 mm. — Die Ableitung geschieht durch ein mit der Erdleitung verbundenes Metallstäbchen. Noack empfiehlt eine Drahtgabel zu diesem Zweck (ob. Zit.).

## II. Bestimmung der elektrischen Poldifferenz einer Influenz-Elektriermaschine.

Da die direkte Bestimmung der elektrischen Poldifferenz einer Elektriermaschine mittelst des BRAUNschen geeichten Elektrometers (nach Angabe eines hiesigen Fachkollegen) oft durch ungenügende Isolierung des Elektrometerstabes illusorisch wird, und die Anschaffung dieses Spezialapparates für Mittelschulen seines hohen Preises und der seltenen Verwendung wegen nicht zu empfehlen ist, so suchte ich nach einer indirekten Methode und kam in folgender Weise zum Ziel.

Bekanntlich steht der Elektrierungsgrad des Luftraumes, der eine isolierte Kugel vom Radius  $r$  und dem Elektrierungsgrade  $V$  umgibt, in umgekehrtem Verhältnis zu der Entfernung  $A$  (gemessen durch  $r$ ).

$$\begin{aligned} \text{Entfernung vom Kugelmittelpunkte} &= r; \quad 2r; \quad 3r \dots n.r \\ \text{Elektrierungsgrad (für } r = 1) &= V/1; \quad V/2; \quad V/3 \dots V/n. \end{aligned}$$

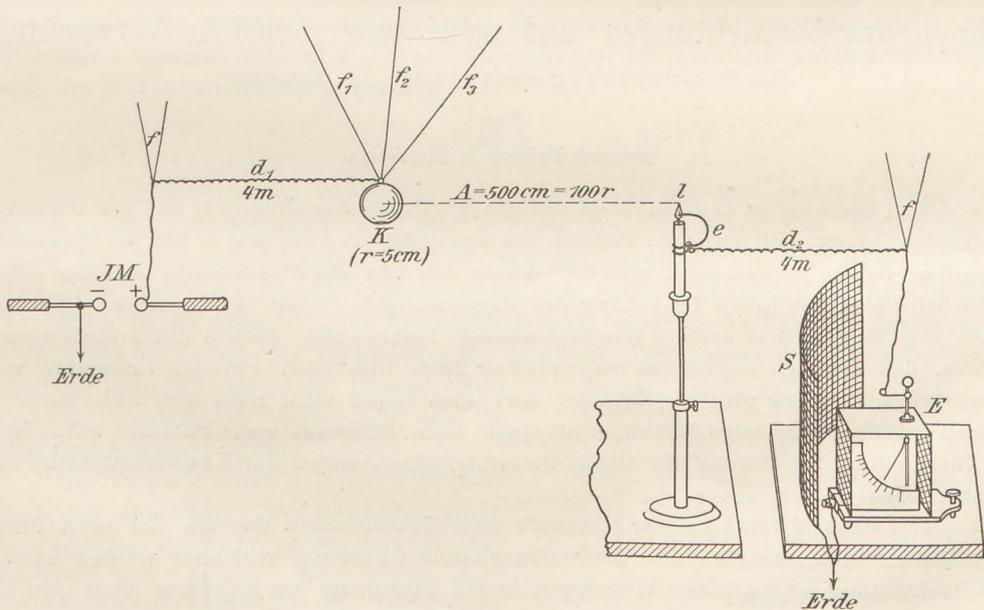
Bestimmen wir nun, in der Entfernung  $A = n.r$ , mit Hilfe des Flammenkollektors am geeichten Aluminiumelektrometer den Elektrierungsgrad ( $V_n$ ) eines genügend weiten Raumpunktes, so ist

$$V_n = V/n, \text{ also } V = k.n.V_n,$$

wo  $k$  die Verstärkungszahl (s. o.) bedeutet. Ist der eine Pol der weitabstehenden Influenzmaschine durch einen Draht mit der gut isolierten Kugel, der andere Pol mit der Erdleitung verbunden, so entspricht  $V$  der gesuchten Poldifferenz an den Konduktoren der Influenzmaschine.

Diese Methode gestattet wenigstens eine Abschätzung der Poldifferenz an Influenzmaschinen<sup>1)</sup>, und das ist schon von Wert, außerdem ist sie bei genügend trockenen und freien Räumen leicht auszuführen; dabei ist die Rechnung so einfach, daß diese Bestimmung der Poldifferenz für praktische Schülerübungen zu empfehlen ist.

Die Versuchsanordnung ist aus der Figur ersichtlich.



Die Influenzmaschine (I.-M.) hatte 3 Tage in der Nähe des geheizten Ofens gestanden und gab an diesem Tage im Maximum Funken von 20,4 cm Länge. Sie war im Neben-

<sup>1)</sup> Bei Reibungs-Elektriermaschinen war die Bestimmung der Poldifferenz unsicher, da das Blättchen des Elektrometers auf- und abschwangte.

zimmer<sup>1)</sup> aufgestellt und der + Konduktor durch einen feinen, an Seidenfäden hängenden Draht ( $d_1$ ) mit der Kugel ( $K$ ) verbunden, die (zur Vermeidung der Pendelungen) an 3 Seidenfäden ( $F_1 F_2 F_3$ ) aufgehängt war. Die Kugel hat einen Radius  $r = 5$  cm. Sie hing seitlich vom Ende des Experimentiertisches ca.  $2\frac{1}{2}$  m von der Wand und gegen  $1\frac{1}{2}$  m höher als die Tischplatte. Der auf einem hohen Ständer befestigte Flammenkonduktor ( $l$ ) bestand aus einer Stearinkerze (sog. Weihnachtskerze), um die ein ausgeglühter Eisendraht ( $e$ ) gewickelt war, dessen freies, halbkreisförmig gebogenes Ende in die (kleine) Flamme tauchte, während das andere Ende eine Öse bildete, an die der feine zum Elektrometer ( $E$ ) führende Draht ( $d_2$ ) befestigt wurde. Das Elektrometer stand seitlich in 4 m Entfernung vom Kollektor auf einem Nebentisch beim Projektionsapparat. Zum Schutz gegen störende Influenzwirkung der Kugel wurde vor das Elektrometer ein halbzyklindrisch gebogenes Drahtnetz ( $S$ ) gestellt, das wie das Elektrometergehäuse zur Erde abgeleitet war (durch Verbindung mit dem Wasserleitungsrohr).

Der Flammenkollektor wurde 500 cm weit vom Kugelmittelpunkte, also in der Entfernung  $A = 100 r$ , aufgestellt und die Influenzmaschine ebenso rasch gedreht wie bei Erzeugung der maximalen Funkenstrecke (20,4 cm, bei 2 Rotationen des Schwungrades pro Sekunde). Das Elektrometer zeigte  $V_n = 3,1$  Eichungsgrade. Demnach ist

$$V = k \cdot 100 \cdot V_n = 200 \times 100 \times 3,1 = 62\,000 \text{ Volt.}$$

Dieser Wert variierte an verschiedenen Tagen bedeutend, mit ihm aber entsprechend auch die maximale Funkenstrecke!

Etwas ist besser als nichts. So möge denn diese Messungsmethode für solche physikalischen Kabinette empfohlen sein, wo die Möglichkeit zur Anschaffung von Hochspannungsmessern fehlt.

## Der experimentelle Nachweis des Coulombschen Gesetzes durch Schwingungsbeobachtungen und seine unterrichtliche Verwertung.

(Ein Schülerübungsversuch für die Oberstufe.)

Von

**Berend Kröger** in Hamburg.

Schon lange ist es das Bestreben der den physikalischen Unterricht auf der Oberstufe erteilenden Lehrer, sich von dem Begriffe des magnetischen Pols, wie er auf der Unterstufe eingeführt wurde, freizumachen und statt dessen den Sitz des Magnetismus aus den hypothetischen Polen fort in die Umgebung des Magneten, sein „Feld“, zu verlegen; kurz die Lehre vom Magnetismus auf der Kraftlinientheorie aufzubauen. Es soll damit nicht gesagt werden, daß der alte Begriff des magnetischen Poles nun auch von der Unterstufe verschwinden müsse; wir glauben vielmehr, dort auch ferner nicht ohne ihn auskommen zu können, möchten aber seine Definition als Quell- bzw. Sinkstelle von Kraftlinien schon hier, als Vorbereitung für den auf der Oberstufe erfolgenden Ausbau der Kraftlinientheorie, eingeführt sehen.

Der Polbegriff führt auf der Oberstufe zum Coulombschen Gesetze, das etwa durch einen Schülerübungsversuch mit der Grimsehlischen Polwage verifiziert werden kann.<sup>2)</sup> Die Beobachtung magnetischer Wirkungen in der Umgebung des Magneten leitet zum Begriff des Feldes, und das Coulombsche Gesetz setzt uns instand, nunmehr mit Hilfe der

<sup>1)</sup> Hierzu riet mir auch brieflich Prof. Noack, ohne die Einzelheiten meiner Versuchsanordnung zu kennen. Das von ihm gleichfalls empfohlene Schutznetz (s. in ob. Fig.) hatte ich, als längst erprobt [ob. Zit. (1), S. 29], auch angewandt.

<sup>2)</sup> cf. diese Zeitsch. XVI, S. 334—339.

darauf beruhenden Messung der Feldstärke durch Schwingungsbeobachtungen an einer Magnetonadel, dieses Feld experimentell messend, zu untersuchen.

Zweck dieser Arbeit ist es, zu zeigen, wie die bei diesem Versuche auftretenden Abweichungen der experimentell bestimmten Feldstärken von den auf Grund der Poltheorie und des Coulombschen Gesetzes errechneten Werten im Unterrichte fruchtbar gemacht werden können, indem sie uns dazu führen, den Begriff des magnetischen Pols als eine Arbeits- bzw. Hypothese, die nun für die wachsende Einsicht des fortgeschritteneren Schülers ihre Schuldigkeit getan hat, beiseite zu legen und sie durch die Kraftlinientheorie des magnetischen Feldes zu ersetzen.

Die nachstehend beschriebenen experimentellen Untersuchungen lassen wir von den Oberprimanern der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg in den Schülerübungsstunden selbst ausführen; benutzt wird ein Stabmagnet (von den Dimensionen  $20 \times 0,6 \times 0,3$  cm) und ein Taschenkompaß von etwa 3 cm Nadellänge. Schwingt die Kompaßnadel im homogenen Erdfelde, so ist ihre Schwingungsdauer bekanntlich

$$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{T}{M \cdot \mathfrak{H}}},$$

worin  $T$  ihr Trägheitsmoment in bezug auf die Schwingungsachse,  $M$  ihr magnetisches Moment,  $\mathfrak{H}$  die Horizontalintensität des Erdmagnetismus am Beobachtungsorte ist. (Sämtliche Größen in absolutem Maße gemessen.) Für ein beliebiges homogenes Feld ist die Schwingungsdauer derselben Nadel ebenso

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{T}{M \cdot F}},$$

wo  $F$  die Feldstärke am Schwingungsorte ist. Bezüglich des magnetischen Momentes  $M$  der Nadel nehmen wir an, daß es sich während der ganzen Versuchsdauer auch durch das Hineinbringen der Nadel in das Feld des Magneten nicht ändere. Dann können wir schreiben

$$T = \frac{c}{\sqrt{F}}, \quad \text{für} \quad c = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{T}{M}} = \text{const.}$$

Also kann  $c$  durch einen Schwingungsversuch in einem bekannten homogenen Felde mit der Feldstärke  $F$  bestimmt werden; z. B. durch Beobachtung der Schwingungsdauer im Erdfelde, wenn die Horizontalintensität  $\mathfrak{H}$  bekannt ist:

$$T_0 = \frac{c}{\sqrt{\mathfrak{H}}}; \quad \text{folglich} \quad c = T_0 \cdot \sqrt{\mathfrak{H}}.$$

In einem Vorversuche, der an der gleichen Stelle, an der der endgültige Versuch ausgeführt werden soll, angestellt wird, wird nun die Konstante  $c$  ermittelt. Eine Reihe von seitens des Verfassers ausgeführten Beobachtungen ergab für  $T_0$  den Mittelwert  $T_0 = 2,45$  sec. Da in unserem Schülerübungsraume infolge größerer Eisenkonstruktionen im Boden und in der Decke bezüglich der Horizontalintensität anormale Verhältnisse herrschen, so lieferten die bei einer der vorhergehenden Schülerübungen angestellten Versuche zur Ermittlung von  $\mathfrak{H}$  den sehr kleinen Wert  $\mathfrak{H} = 0,1$  (in absolutem Maße), mit dem im folgenden gerechnet wird.

Der Versuch selbst wird in nachstehender Weise angestellt. Man bestimmt mittels des Kompasses die Richtung des magnetischen Meridians und markiert diese durch einen Bleistiftstrich mit Pfeil (vergl. Fig. 1) auf einem auf dem Tische befestigten Blatte weißen Papiers. Dann legt man den Stabmagneten  $ns$  so in die Richtung des magnetischen Meridians, daß sein Nordpol nach Norden zeigt, und zeichnet die magnetische Achse  $x$  ein. Um Ver-



Fig. 1.

schiebungen des Magneten sofort zu bemerken, werden seine Umrisse auf dem Papier nachgezogen. Endlich wird noch der magnetische Äquator  $x'$  des Magneten eingezeichnet, und auf ihm, wie auf der Achse  $x$ , werden die Punkte  $X'$  bzw.  $X$  (von 2 zu 2 cm), in denen Schwingungsbeobachtungen gemacht werden sollen, durch Zahlen markiert, welche ihre Entfernungen  $x'$  bzw.  $x$  vom Magnetmittelpunkte  $O$  (in cm gemessen) angeben. Liegt der Magnet, wie hier, im magnetischen Meridian mit dem Nordpol nach Norden, so verlaufen die aus seinem Nordpol  $n$  achsial austretenden Kraftlinien auch weiter nahezu parallel der magnetischen Achse  $x$ . Lassen wir also in den Punkten  $X$  die Kompaßnadel schwingen, so gilt für die Schwingungsdauer stets die Formel  $T = c \cdot \sqrt{\frac{1}{F_x}}$ . Die Feldstärke  $F_x$  im

Punkte  $X$  der Achse setzt sich aber zusammen aus der des Magneten ( $F$ ) in  $X$  und der Horizontalintensität  $\mathfrak{H}$ , und zwar ist  $F_x = F + \mathfrak{H}$ , da die Richtung der Kraftlinien beider Felder die gleiche ist. Demnach ist für die Punkte  $X$  der Achse  $x$  die Feldstärke  $F$  des Magneten mit Hilfe des beobachteten Wertes für  $T$  zu finden:

$$T = c \cdot \sqrt{\frac{1}{F_x}} = c \cdot \sqrt{\frac{1}{F + \mathfrak{H}}}; \quad \text{folglich} \quad F = \frac{c^2}{T^2} - \mathfrak{H}.$$

Die so gefundenen Werte siehe unten in der Tabelle I, Spalte 1–4.

Bei genügend langen Magneten durchschneiden die Kraftlinien den Äquator  $x'$  des Stabmagneten senkrecht und auf längere Strecken fast geradlinig. Die Kraftlinienrichtung beider superponierter Felder ist jedoch entgegengesetzt; die Gesamtfeldstärke in den Punkten  $X'$  des magnetischen Äquators also  $F_{x'} = F - \mathfrak{H}$ ; die des Magneten allein  $F = F_{x'} + \mathfrak{H}$ . Wird wieder  $F_{x'}$  mittels der umgestellten Formel  $T = c \cdot \sqrt{\frac{1}{F_{x'}}}$  aus Schwingungsbeobachtungen bestimmt, so kann damit  $F$  für die einzelnen Punkte  $X'$  des Äquators gefunden werden. Der Versuch wurde auf dem Äquator von 2 zu 2 cm Entfernung vom Magnetmittelpunkte  $O$  angestellt; die gefundenen Werte siehe Tabelle II, Spalte 1–4.

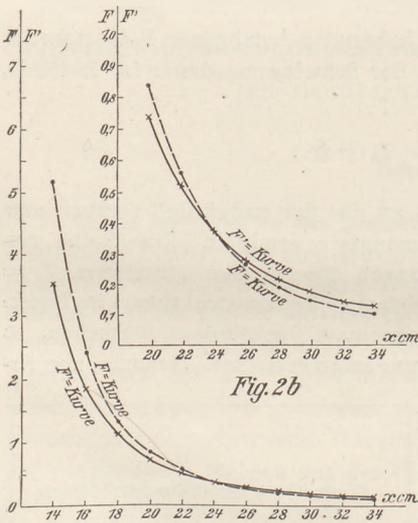


Fig. 2a.

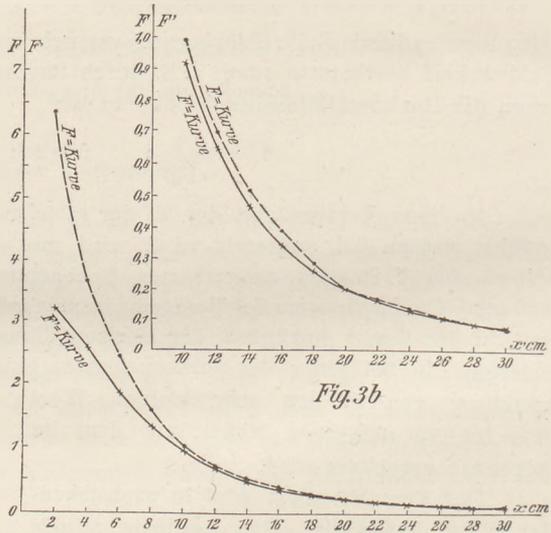


Fig. 3a.

Sämtliche für die Feldstärke  $F$  in den Punkten  $X$  der Achse gefundenen Werte sind in Figur 2a in der gestrichelt gezeichneten  $F$ -Kurve graphisch dargestellt. Als Abszissen sind die Entfernungen der Beobachtungspunkte  $X$  vom Magnetmittelpunkte  $O$ , als Ordinaten (nach beliebiger Längeneinheit) die zugehörigen Feldstärken  $F$  in absolutem Maße aufgetragen. Im gleichen Maßstabe enthält Figur 3a eine graphische Abbildung der für die Punkte  $X'$  des Äquators gefundenen Feldstärken  $F$  in der gestrichelt gezeichneten  $F$ -Kurve.

Für die Ausführung des Versuches seitens der Schüler empfiehlt es sich, das Blatt Papier, auf welches der Magnet gelegt wird, direkt zu dieser graphischen Darstellung zu benutzen, wodurch man ein recht anschauliches Bild für die allmähliche Abnahme der Feldstärke auf Achse und Äquator mit wachsender Entfernung des Beobachtungspunktes vom Magnetmittelpunkte  $O$  erhält. Da jedoch die Schwingungsbeobachtungen, von denen stets mindestens 3 für jeden untersuchten Punkt  $X$  oder  $X'$  gemacht werden, schon die für die Schülerübungen verfügbaren 2 Unterrichtsstunden ausfüllen, so lassen wir die Kurvenzeichnung zu Hause anfertigen. Die Beobachtungen selbst werden von 2 Schülern gemeinsam in der Weise angestellt, daß der erste die Kompaßnadel ein wenig aus der Meridianrichtung ablenkt und nun die Schwingungen laut zählt, während der zweite auf einer gewöhnlichen Taschenuhr mit Sekundenzeiger die Schwingungszeit für 10 ganze Schwingungen beobachtet. Aus diesen Beobachtungen wird ein Mittelwert für  $T$  errechnet, mit dessen Hilfe dann  $F_x$  (bezw.  $F_{x'}$ ) und damit  $F$  bestimmt wird. Man erhält bei dieser Versuchsanordnung die Werte von  $F$  für je eine Hälfte der magnetischen Achse  $x$  des Magneten und seines Äquators  $x'$ .

Kennen wir nun auf Grund unserer Beobachtungen die Feldstärke  $F$  in den einzelnen Punkten  $X$  bzw.  $X'$  der Achse und des magnetischen Äquators unseres Stabmagneten, so können wir mit ihrer Hilfe sein magnetisches Moment  $\mathfrak{M}$  berechnen. Bekanntlich ist  $\mathfrak{M} = 2 \cdot m \cdot l$ , wo  $\pm m$  die magnetische Polstärke des Magneten,  $2l$  der Abstand seiner beiden Pole ist, und dieser Abstand gleich  $\frac{5}{6}$  der ganzen Länge des Stabmagneten gesetzt wird. (Bei unserem Magneten ist die Gesamtlänge 20 cm, also der Polabstand  $2l = \frac{5}{6} \cdot 20 \text{ cm} = 16,66 \text{ cm}$ .) Es seien  $A$  und  $B$  die Pole des Magneten mit den Polstärken  $+m$  bzw.  $-m$ ; im Punkte  $X$  der Achse befinde sich ein einzelner Nordpol  $+1$ . Dann ist nach dem Coulombschen Gesetze die von jedem der beiden Pole  $A$  und  $B$  auf den in  $X$  befindlichen

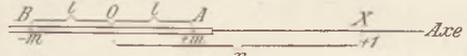


Fig. 4.

Pol  $+1$  ausgeübte Kraft  $= \left| \frac{m \cdot 1}{r^2} \right|$ , wo  $r$  die Entfernung der Pole  $\pm m$  und  $+1$  ist. In unserem Falle setzen sich die von  $A$  und  $B$  auf den Pol in  $X$  ausgeübten Kräfte algebraisch zu einer Resultanten

$$F = \frac{m \cdot 1}{(x-l)^2} - \frac{m \cdot 1}{(x+l)^2}$$

zusammen. Also ist die Feldstärke in  $X$ , d. i. die in  $X$  auf den Nordpol  $+1$  ausgeübte Anziehungskraft,

$$F = \frac{m[(x+l)^2 - (x-l)^2]}{(x^2-l^2)^2} = \frac{m \cdot 4lx}{(x^2-l^2)^2} = \frac{2\mathfrak{M} \cdot x}{(x^2-l^2)^2};$$

folglich ist das gesuchte magnetische Moment des Magnetstabes

$$\mathfrak{M} = \frac{F(x^2-l^2)^2}{2x}.$$

Die hieraus für die einzelnen Beobachtungspunkte  $X$  auf der Achse durch Einsetzen der zugehörigen Werte von  $x$  und  $F$  (nach Tabelle I, Spalte 1 und 4) sich ergebenden Zahlenwerte von  $\mathfrak{M}$  sind in Spalte 5 der weiter unten gegebenen Tabelle I zusammengestellt.

Für einen Punkt  $X'$  des magnetischen Äquators und einen dort befindlichen Nordpol  $+1$  ergibt das Coulombsche Gesetz analog als Anziehungskraft zwischen den Polen in  $A$  und  $X'$ :  $K_+ = \frac{(+m) \cdot (+1)}{r^2}$ , bzw. zwischen denen in  $B$  und  $X'$ :  $K_- = \frac{(-m) \cdot (+1)}{r^2}$ . In der nebenstehenden Fig. 5 ist das Minuszeichen von  $K_-$  bereits in der Zeichnung berücksichtigt (da  $K_-$  als eine den Abstand  $BX'$  zu verkleinern suchende Kraft eingetragen ist).  $K_+$  und  $K_-$  setzen sich zusammen zu einer Resultanten  $F$  zum Äquator  $OX'$ , welche, da beide, absolut genommen, gleich sind, gleich der doppelten Projektion von

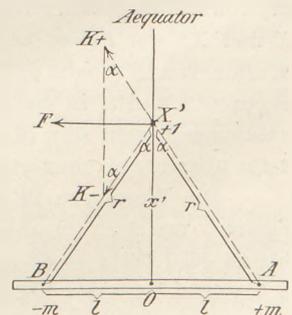


Fig. 5.

$K_+$  auf die Richtung der Resultierenden ist. Aus der Figur 5 ergibt sich daher, wenn wir  $\triangle AX'O = \triangle BX'O = \alpha$  setzen:

$$F = 2 \cdot K_+ \cdot \sin \alpha = \frac{2 \cdot m \cdot l \cdot \sin \alpha}{r^2},$$

oder da  $r^2 = x'^2 + l^2$  und

$$\sin \alpha = \frac{l}{r} = \frac{l}{\sqrt{x'^2 + l^2}}, \quad \text{so ist} \quad F = \frac{2ml}{(x'^2 + l^2)^{3/2}} = \frac{\mathfrak{M}}{(x'^2 + l^2)^{3/2}}.$$

Daraus ergibt sich  $\mathfrak{M}$ , berechnet mit Hilfe der Feldstärke  $F$  in einem Punkte  $X'$  des Äquators:

$$\mathfrak{M} = F \cdot (x'^2 + l^2)^{3/2}.$$

Für jeden Beobachtungspunkt  $X'$  des Äquators findet sich der mit Hilfe dieser Formel berechnete Wert von  $\mathfrak{M}$  in der Tabelle II, Spalte 5<sup>1)</sup>.

Tabelle I (Achse).

Tabelle II (Äquator).

Entfernung $x$ von $O$ in cm	Beobachtete Zeit $T$ in sec.	Gesamtfeld- stärke (in absol. Maße) $F_x = F + \mathfrak{G}$		Magnetfeld- stärke (in absol. Maße) $F = F_x - \mathfrak{G}$		Magnetisches Moment des Stabes (in absol. Maße) $\mathfrak{M} = F(x^2 - l^2)^{3/2}$		Berechnete Magnetfeld- stärke (in absol. Maße) $F' = \frac{\mathfrak{M}_0 \cdot 2x}{(x^2 - l^2)^2}$			
		$F_x$	$\mathfrak{G}$	$F$	$\mathfrak{G}$	$\mathfrak{M}$	$\mathfrak{M}$	$F'$	$\mathfrak{M}_0$		
—	$T_0 = c \cdot \sqrt{\frac{1}{\mathfrak{G}}}$ , $T_0 = 2,45$ sec, $\mathfrak{G} = 0,1$ in absolutem Maße; folglich $c = T_0 \cdot \sqrt{\mathfrak{G}} =$ $0,7748$ . Ferner $F_x = \frac{c^2}{T^2}$ und $F_{x'} = \frac{c^2}{T'^2}$ , $l = 8,33$ cm. Der Mittelwert des magnetischen Moments des Stabes ergibt sich zu $\mathfrak{M}_0 =$ $2017$ in absol. Maße.										
14	0,34	5,19	5,09	2915	3,52	14	1,20	0,42	0,52	2240	0,47
16	0,50	2,40	2,30	2420	1,84	16	1,45	0,29	0,39	2288	0,34
18	0,65	1,42	1,32	2380	1,12	18	1,90	0,17	0,28	2180	0,26
20	0,80	0,94	0,84	2270	0,74	20	2,40	0,10	0,20	2060	0,20
22	0,95	0,66	0,56	2170	0,52	22	3,00	0,07	0,17	2210	0,16
24	1,12	0,48	0,38	2030	0,38	24	4,80	0,03	0,13	2130	0,12
26	1,28	0,37	0,27	1910	0,28	26	—	$\pm 0$	0,10	2030	0,10
28	1,44	0,29	0,19	1730	0,22	28	6,00	-0,017	0,083	2068	0,08
30	1,54	0,25	0,15	1722	0,18	30	4,17	-0,035	0,065	1960	0,07
32	1,65	0,22	0,12	1710	0,14	—	—	—	—	—	—
34	1,74	0,20	0,10	1620	0,13	—	—	—	—	—	—

Bei dieser Ableitung wurde angenommen, daß sich das magnetische Moment des Stabes durch das Hineinbringen eines Poles +1 oder unserer kleinen Kompaßnadel nicht ändere. Die 5. Spalte unserer Tabellen I und II müßte daher für  $\mathfrak{M}$  überall den gleichen Wert aufweisen; desgl. müßten die in der 6. Spalte zusammengestellten, mit Hilfe eines Mittelwertes  $\mathfrak{M}_0$  von  $\mathfrak{M}$  umgekehrt berechneten Feldstärken  $F'$  mit den auf Grund der in den Punkten  $X$  und  $X'$  der Achse bzw. des Äquators angestellten Schwingungsversuche gefundenen Werten von  $F$  (Spalte 4) übereinstimmen. Ein Blick auf die Tabellen I und II oder auf die Figuren 2 und 3, in denen die mit Hilfe von  $\mathfrak{M}_0$  berechneten Feldstärken  $F'$  in der  $F'$ -Kurve zusammengestellt sind (die  $F'$ -Kurve ist im gleichen Maßstabe wie die  $F$ -Kurve eingetragen), zeigt aber etwas ganz anderes.

Die Werte von  $\mathfrak{M}$  weisen bedeutende Abweichungen voneinander auf; in Tabelle I, Spalte 5 von 2915 (in absolutem Maße) bei  $x = 14$  cm Entfernung vom Magnetmittelpunkte  $O$  bis zu 1620 bei  $x = 34$  cm; in Tabelle II, Spalte 5 gar von 3980 in 2 cm Entfernung von  $O$  bis 1960 bei  $x' = 30$  cm. Für die Aufsuchung des Mittelwertes  $\mathfrak{M}_0$  sind daher in Tabelle I

1) Sämtliche Rechnungen wurden mit Hilfe eines Rechenstabes ausgeführt.

die ersten 3, in Tabelle II die ersten 4 Werte von  $\mathfrak{M}$  als gar zu weit von dem mutmaßlichen wirklichen Werte entfernt außer acht gelassen. Es ergibt sich so  $\mathfrak{M}_0 = 2017$  (in absolutem Maße). Die hiermit berechneten Werte von  $F'$  sind in den Nebenfiguren 2b und 3b samt denen von  $F$  (nach Spalte 4) für die zur Berechnung von  $\mathfrak{M}_0$  herangezogenen Punkte  $X$  bzw.  $X'$  (im fünffachen Maßstabe zu denen in den Figuren 2a und 3a) eingetragen. Sie zeigen z. T. leidliche Übereinstimmung. Nicht aber die Werte für die Punkte in der Nähe des Magneten<sup>1)</sup>.

Ein Grund für diese Abweichungen besteht offenbar darin, daß unsere Kompaßnadel nicht klein genug ist, so daß wir nicht berechtigt sind, das Magnetfeld in den Beobachtungspunkten  $X$  bzw.  $X'$  in dem Grade als homogen zu betrachten, wie wir es getan haben; möglich ist auch, daß das magnetische Moment  $M$  der Nadel während des Versuches nicht ganz konstant geblieben ist. Der Hauptgrund liegt aber, und das zu zeigen, war der Zweck dieses Versuches, in der Unzulänglichkeit des Polbegriffes für den messenden Teil der Lehre vom Magnetismus. Hat uns der Begriff als Hilfhypothese bisher gute Dienste getan, so können wir nun, wo er versagt, die Besseres leistende Kraftlinientheorie an seine Stelle setzen, ohne daß den gereiften Schülern dabei irgend etwas gekünstelt oder gar gezwungen erschiene; von nun an ist das „Feld“ für uns der Träger des Magnetismus, nicht mehr der Pol.

## Versuch einer elementaren Theorie des Regenbogens.

Von

Aloys Müller in Düsseldorf.

Vorbemerkung. Es gibt eine Reihe von physikalischen Dingen, die in den Lehrbüchern, auch in solchen höheren Charakters, noch immer eine unrichtige Darstellung erfahren, trotzdem oft versucht wurde, die nachgeschleppten Traditionen zu durchbrechen. Dahin gehört z. B. das Huyghenssche Prinzip, das fast stets in der alten Huyghensschen Form, anstatt in der richtigeren (wenn auch nicht ganz richtigen) Fresnelschen vorgetragen wird; dahin gehört, um noch ein Beispiel zu nennen, der Strahlengang im Galileischen Fernrohr, worauf ja in dieser Zeitschrift öfters hingewiesen wurde. Vor allem sind es zwei Theorien, die, mit fast verschwindenden Ausnahmen hinsichtlich der zweiten, stets falsch gegeben werden, obgleich sie direkt durch ihre Konsequenzen an der Erfahrung zu kontrollieren sind: die Theorie von Ebbe und Flut und die Theorie des Regenbogens. Die physikalisch klare und exakte Theorie von Ebbe und Flut habe ich in einer für den Schulgebrauch passenden Form im Anhang meines Buches über die Gezeiten dargestellt<sup>2)</sup>. Hier möchte ich die Theorie des Regenbogens behandeln.

Von vornherein wollen wir nicht diskutieren, ob der Ausdruck „falsch“ auf die alte Descartessche Theorie paßt oder nicht. Meiner Ansicht nach trifft er zu. Eine elementare Theorie ist dann falsch, wenn sie mit den elementaren Tatsachen, den Grundtatsachen der Erscheinung, in Widerspruch steht. Die Descartessche Theorie steht aber im Widerspruch mit der Breite des Bogens, der Verschiedenheit in der Färbung, dem Auftreten der sekundären Bogen u. a. Mag man nun darauf das Wort „falsch“ für passend halten oder nicht, jedenfalls dürfte die Theorie, natürlich mit der Bemerkung, daß eine genauere Betrachtung andere Resultate gebe, höchstens dann vorgetragen werden, wenn eine elementare Darstellung der richtigen Airyschen Theorie unmöglich wäre.

<sup>1)</sup> Der Punkt 26 des Äquators erwies sich als Indifferenzpunkt; die Kompaßnadel, welche von  $x' = 2$  cm bis  $x' = 24$  cm stets mit dem Nordpol nach Süden gewiesen hatte, blieb hier in jeder Lage stehen, während sie bei  $x' = 28$  cm und folgend ihr Nordende nach Norden kehrte, was Zeichen, daß in der Gesamtfeldstärke  $F_x$ , in diesen Punkten nunmehr die richtende Kraft des Erdmagnetismus die des Magneten überwiegt, also  $F_x$  negatives Vorzeichen erhält, so daß von dort ab  $F' = -F_x + \mathfrak{G}$  ist.

<sup>2)</sup> Elementare Theorie der Entstehung der Gezeiten. Leipzig, J. A. Barth, 1906.

Ich kenne nur einen einzigen Versuch, die Airysche Theorie elementar zu gestalten. Er rührt von dem her, der diese Theorie in der neueren Zeit hauptsächlich ausgebaut hat, von PERNTER<sup>1)</sup>. Aber PERNTERS Darstellung ist nur äußerlich elementar. In Wirklichkeit sagt er nur mit Worten, was die Analysis in Formeln sagt, natürlich ohne Beweise. Es ist beispielsweise unmöglich, nach PERNTERS Ausführung über den Kardinalpunkt (S. 14) einzusehen, warum Beugung entstehen muß. Allenfalls könnte jemand, der in physikalischen Dingen nicht unerfahren ist, Interferenz ableiten. Von der Beugung erzählen uns nur die mathematischen Formeln.

Nun ist die Beugung überhaupt ein Thema, das sich elementar höchstens bei Beugung durch eine runde Öffnung oder einen Spalt behandeln läßt. Ganz zweifellos ist es unmöglich, den Fall der beim Regenbogen vorliegenden Beugung elementar zu gestalten, wo überhaupt kein materieller Körper die Strahlen stört, sondern eine abstrakte Wellenfläche von dazu noch seltener Gestalt vorliegt. Es gibt nichts Ähnliches mehr in der ganzen Physik; selbst das Analogon, das PERNTER als einziges angibt<sup>2)</sup>, paßt nur für homogenes Licht.

Ich habe deshalb einen Mittelweg eingeschlagen. Die einfache Theorie mit Hilfe der Brechung und Reflexion ist unzulänglich, die Beugungstheorie läßt sich nicht elementar geben: ich nehme darum zu den Mitteln der ersteren noch die Interferenz. So ist es möglich, die wechselnde Breite des Hauptregenbogens und der einzelnen Farben, die Sekundären mit der umgekehrten Farbenfolge, den weißen Regenbogen — alles Erscheinungen, bei denen die Descartessche Theorie versagt — abzuleiten. Ich gebe also die Theorie, ohne den Begriff der Beugung einzuführen; besser gesagt, ich ersetze den Beugungsbegriff, natürlich nur teilweise, durch eine besondere Konstruktion und erreiche so für unseren Zweck das gleiche<sup>3)</sup>.

Über die Intensität noch ein besonderes Wort. Es ist richtig, wie PERNTER sagt<sup>4)</sup>, daß die maßgebenden Gleichungen der Optik Intensitätsgleichungen sind, und daß eine richtige Theorie des Regenbogens auch die Intensitätsverteilung richtig geben müsse. Wenn er aber unter Intensitätsverteilung ausdrücklich bloß die Lage der helleuchtendsten Stellen im Spektrum versteht (S. 3 u. 26) und die sekundären Bogen als eine andere Forderung einer richtigen Theorie hinstellt, so ist das nicht genau, weil die sekundären Bogen mit zu den Resultaten der Intensitätsverteilung gehören. Die optischen Intensitätsgleichungen geben dreierlei: 1. die bloße Tatsache der Maxima und Minima, 2. die Ausdehnung der Maxima und Minima für die verschiedenen Farben, 3. die Stärke der Maxima und Minima. Den ersten Punkt aber gibt unsere elementare Theorie, vom zweiten ungefähr das Verhältnis der Ausdehnung bei den einzelnen Farben, vom dritten die Abnahme der Intensität vom Minimumstrahl aus nach den Sekundären hin und einen durchgängigen Maximalwert der Intensität in den blauen Farben — und das ist nach meinem Dafürhalten genügend.

Mathematische Ableitungen sind im folgenden, mit Ausnahme einer kleinen, unumgänglich notwendigen Formel, vollständig vermieden. Sie sollten überhaupt, wo sie sich nicht ganz kurz geben lassen, am besten wegfallen. Selbstverständlich halte ich die Ver-

<sup>1)</sup> Ein Versuch, der richtigen Theorie des Regenbogens Eingang in die Mittelschulen zu verschaffen. Wien, C. Gerolds Sohn, 1900.

<sup>2)</sup> Meteorologische Optik, III. Abschnitt. Wien und Leipzig, W. Braumüller 1906, S. 518, Anm.

<sup>3)</sup> Will man unbedingt etwas der Beugung Ähnliches einführen, dann muß man eine Fiktion machen, und zwar die, daß die Wellenkurve sich um den Minimumstrahl so dreht, daß die beiden Mittelpunkte der Kurvenstücke zu entgegengesetzten Seiten des Strahles fallen, und die Größe der Drehung (ungefähr) proportional der Wellenlänge und umgekehrt proportional der Tropfengröße ist; schließlich genügte diese letztere Annahme auch allein. Dann braucht man die Betrachtungen, die unter Nr. IX. später folgen, nicht anzustellen, weil man aus jener Fiktion die Resultate dieser Betrachtungen erhält. Ich meine aber, da unsere Konstruktion dasselbe leistet, wäre die Fiktion überflüssig, ganz abgesehen davon, daß es sich gar nicht andeuten läßt, woher die Drehung (mit ihren Resultaten) kommen soll. Den Methodikern aber möge die Diskussion darüber überlassen sein, ob eine derartige Fiktion erlaubt wäre oder nicht.

<sup>4)</sup> Versuch, S. 26.

suche, die PERNER anführt, für sehr wertvoll. Das wichtigste aber für die folgende elementare Theorie sind die Zeichnungen, die eben die mathematischen Formeln ersetzen müssen. Beim theoretischen Teil ist in der Schule eine kleine Wiederholung nicht zu vermeiden; ich deute die für die Theorie nötigen Grundbegriffe durch Stichworte an und führe nur zwei Punkte dabei aus, weil sie nicht überall bei der elementaren Optik ausdrücklich behandelt werden. Die Voruntersuchungen, wie Descartes sie ja richtig anstellt, mache ich ganz kurz ab; man muß sich überhaupt stets erinnern, daß ich nicht die Theorie, wie ich sie vortragen würde, niederschreibe, sondern nur eine Anleitung dazu, daß also nach Belieben manches kürzer gefaßt, manches ausführlicher gestaltet, manches auch, wie z. B. das über die Intensitäten Gesagte, je nach Bedürfnis ganz ausgelassen werden kann.

### Elementare Theorie des Regenbogens.

A. Die zu erklärenden Tatsachen: 1. Ungefährer Halbmesser  $42^\circ$ . — 2. Farbenfolge: Rot außen, Violett innen. — 3. Größte Intensität in der blauen Farbe. — 4. Breite variabel. — 5. Farbenbild sehr mannigfaltig. — 6. Nach innen sekundäre Bogen mit umgekehrter Farbenfolge. — 7. Nach außen Nebenregenbogen mit umgekehrter Farbenfolge. — 8. Weißer Regenbogen auf Nebel.

B. Die Theorie. I. Wiederholung: 1. Brechung. — 2. Dispersion. — 3. Reflexion. — 4. Interferenz. — 5. Die Wellenfläche. Legt man durch Lichtstrahlen eine Fläche, die auf jedem Strahl senkrecht steht, so nennt man diese Fläche eine Wellenfläche. Sind die Strahlen parallel, so ist diese Fläche eine Ebene. Gehen die Strahlen von einem Punkte nach allen Seiten aus, so ist sie eine Kugelfläche. Sie kann natürlich viele andere Formen annehmen. Das letztere Beispiel zeigt, daß die obige Erklärung nur eine geometrische Konstruktion ist. In Wirklichkeit ist die Wellenfläche die Einhüllende aller Elementarwellen zu einer bestimmten Zeit. Es müssen demnach alle Punkte einer Wellenfläche gleiche Phase besitzen. — 6. Imaginäre Strahlen. Jeder nicht gekrümmte Lichtstrahl, der einen gebrochenen Weg zurücklegt, wirkt so, als ob er aus der Verlängerung des Wegstückes käme, das vom Orte der Wirkung bis zum Punkte der nächsten Brechung geht. Man kann solche verlängerten Strahlen imaginäre Strahlen nennen, weil sie ja nicht existieren. Dasselbe gilt für Licht-

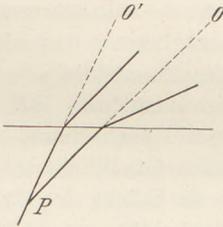


Fig. 1.

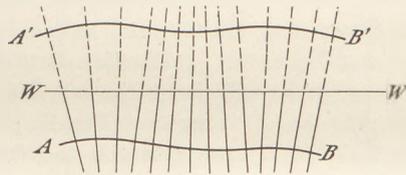


Fig. 2.

bündel, gleichgültig, ob die Strahlen parallel sind oder nicht. Zwei unter verschiedenen Winkeln ins Wasser gebrochene Strahlen (Fig. 1) wirken in  $P$  genau so, als wenn sie von  $O$  und  $O'$  kämen. Ist  $WW'$  (Fig. 2) die Wasseroberfläche, und tritt — die Möglichkeit einmal angenommen — ein (nicht gezeichnetes) Strahlenbündel von solcher Form auf, daß die Strahlen im Wasser die ausgezogenen Richtungen mit der Wellenfläche  $AB$  besitzen, so pflanzen sie sich so fort und wirken so, als ob sie aus den gestrichelten Richtungen kämen, die die Wellenfläche  $A'B'$  besitzen, während doch die ursprüngliche Welle eine ganz andere Form hatte.

II. Die Lichtstrahlen auf ihrem Gang durch den Regentropfen. Die folgenden Punkte bis VI. einschließlich gelten nur für homogenes Licht. Die Lichtstrahlen fallen als parallele Strahlen auf den Regentropfen auf. Ihre Wellenfläche ist also eine Ebene. Beim Eintreten werden sie gebrochen. In der Fig. 3 sind Strahlen mit einem Einfallswinkel von  $35^\circ$ — $80^\circ$  gezeichnet. Anfangs treffen die Strahlen, je größer der Einfallswinkel ist, desto höhere Punkte der Rückwand. Der (gestrichelt gezeichnete) Strahl von  $60^\circ$  (genauer

59° 24') trifft den höchsten. Strahlen mit noch größeren Einfallswinkeln treffen wieder tiefere Punkte. Der Strahl von 60° erfährt also eine Auszeichnung. Wie sich an der Figur zeigt,

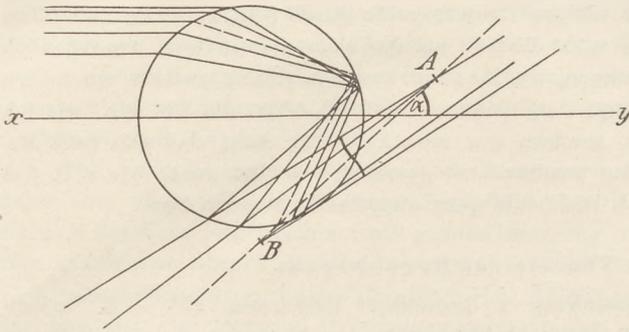


Fig. 3.

wenn man ihn bis zum Austritt aus dem Tropfen verfolgt und nach rückwärts verlängert, bildet er von allen Strahlen mit der Richtung der ursprünglichen parallelen Strahlen den größten Winkel  $\alpha$ . Da das Komplement dieses Winkels die Drehung des Strahles gegen die Richtung der ursprünglichen bedeutet, so hat der betr. Strahl die kleinste Drehung. Deshalb nennen wir ihn kurz den Minimumstrahl.  $\alpha = 42^\circ 4'$  (für rotes Licht

bei Linie C). Im Tropfen werden die Strahlen einmal reflektiert und beim Austritt nochmals gebrochen.

III. Die Lichtstrahlen beim Austritt aus dem Tropfen. An der Figur 3 sehen wir, daß alle Strahlen links vom Minimumstrahl divergieren, rechts davon konvergieren. Nach I,6 wirken die Strahlen genau so, als wenn sie aus der nach rückwärts verlängerten Richtung kämen. Diese Richtungen sind in die Figur eingezeichnet. Die Strahlen links vom Minimumstrahl schneiden sich ungefähr in einem Punkte desselben. Wir lassen die kleinen Unterschiede außer acht und nehmen etwa den Schnittpunkt, den der Strahl von 35° Einfallswinkel macht. Die Strahlen rechts schneiden sich gleichfalls ungefähr in einem Punkte. Wir wählen den Schnittpunkt des Strahles von etwa 75° Einfallswinkel. Nun nehmen wir die Mitte<sup>1)</sup> dieser beiden Schnittpunkte und zeichnen die Wellenfläche. Da die Strahlen links sich in einem Punkte schneiden, muß ihre Wellenfläche (im Durchschnitt der Figur) ein Stück eines Kreises sein, ebenfalls so rechts<sup>2)</sup>. Wir erhalten also als Bild der Wellenfläche

zwei Kreisstücke, die symmetrisch rechts und links vom Minimumstrahl liegen. Wir fassen es nun so auf, als wenn von dieser Wellenfläche die Lichtstrahlen ausgingen, was wir ja nach I,6 dürfen, und wollen überlegen, wie sie wirken.

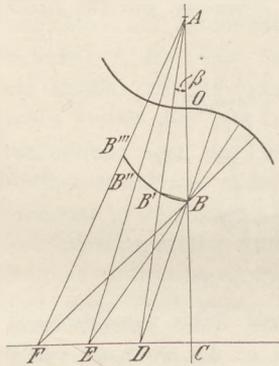


Fig. 4.

IV. Die Interferenz der Strahlen. Wir zeichnen die Wellenfläche mit dem Minimumstrahl noch einmal besonders und vergrößert (Fig. 4). AC sei ein Stück des Minimumstrahles. Von O aus verlaufen nach beiden Seiten die Stücke der Wellenfläche mit den Mittelpunkten A und B. Senkrecht von der Wellenfläche gehen also die Lichtstrahlen aus. Alle Strahlen der linken Wellenfläche würden verlängert durch A gehen. Nach I,6 können wir also A als Ausgangspunkt betrachten. Wir müssen nur zusehen, ob in A alle Strahlen die gleiche Phase haben; das ist indes der

<sup>1)</sup> Nur der Einfachheit halber. Nötig ist die Mitte nicht, weil es nicht auf die Einzelwerte der Kreisradien, sondern nur auf den Wert ihrer Summe ankommt; die ist aber bei gegebenem Tropfen immer gleich.

<sup>2)</sup> Auch Pernter benutzt diese Vereinfachung, die Wellenfläche im Bilde als Kreisstücke zu fassen (S. 20), knüpft aber daran eine für die Schule ganz unbrauchbare Rechnung. Auf die nahe-liegende Folgerung, daß die Strahlen links und rechts vom Minimumstrahl sich in je einem Punkte des Minimumstrahles schneiden, wenn die Wellenkurven zwei Kreisstücke sind, und daß dann diese Punkte als Ausgangspunkte genommen werden können, ist er nicht gekommen. Ein in „unendlicher Nähe“ (S. 14) des Minimumstrahles genommenes Kurvenstück ist zwar strenger, aber für die Auf-fassung der Schüler verwirrend. Ich habe deshalb die unstrenge Annahme einer Wirksamkeit des ganzen Kurvenstückes gemacht.

Fall, weil ja alle Strahlen, die von der Kurve ausgehen, um dasselbe Stück, den Radius des linken Kreises, verlängert würden, wenn sie von  $A$  ausgingen. Alle Strahlen der rechten Wellenfläche gehen durch  $B$ . Wir können demnach annehmen, sie gingen von  $B$  aus. Sie haben in  $B$  alle dieselbe Phase, da sie alle um das gleiche Stück, den Radius des rechten Kreises, vermindert werden. Wir lassen also die Strahlen von  $A$  und  $B$  ausgehen; in  $A$  und  $B$  haben alle die gleiche Phase.

In irgend einem Punkte des Minimumstrahles, etwa in  $C$ , ziehen wir eine Linie, die eine Ebene (senkrecht zur Zeichnung) vorstellt, die aber nicht genau senkrecht zum Minimumstrahl zu stehen braucht. Wir untersuchen, was für ein Lichtbild durch die von  $A$  und  $B$  ausgehenden Strahlen auf dieser Linie entsteht.

Wir sehen sofort, daß die Strahlen, die von verschiedenen Wellenflächen herkommen, sich auf jener Linie unter Winkeln schneiden. Treffen zwei Strahlen auf der Linie so zusammen, daß sie gleiche Phase haben, dann verstärken sie sich, und es wird ein Lichtmaximum entstehen; haben sie beim Zusammentreffen ungleiche Phasen, so entsteht ein Lichtminimum. Die beiden Strahlen, die von  $A$  und  $B$  ausgehen und in  $C$  zusammentreffen, haben nach dem Vorhergehenden gleiche Phase, da sie ja, der eine vermehrt, der andere vermindert um das gleiche Stück  $AO = OB$ , auf der Wellenfläche liegen würden. In  $C$  wird demnach ein Lichtmaximum liegen. Nach allen Punkten rechts von  $C$  kommt offenbar kein Lichtstrahl hin, hier herrscht also überall Dunkelheit. In einem Punkte  $D$  links von  $C$  würde dann ein Maximum sein, wenn  $DA - DB$  ein Vielfaches der ganzen Wellenlänge, ein Minimum, wenn es ein Vielfaches der halben Wellenlänge wäre. Wir haben also zu untersuchen, wie sich die Differenz der Entfernungen aller Punkte der Ebene von  $A$  und  $B$  ändert, wenn wir von  $C$  aus ständig nach links gehen. Ich habe in Fig. 4, in der die Wegstücke der Ebene einander gleich sind, die Differenzen eingezeichnet, indem  $DB$  auf  $DA$  übertragen wurde, wodurch ich  $B'$  erhielt usw. Die Differenz für den Punkt  $C$  ist natürlich  $AB$ . Ich habe dann diese Differenzpunkte durch eine Kurve verbunden. Man sieht, daß die Differenzen, je weiter man von  $C$  abgeht, beständig allmählich kleiner werden. Das bedeutet aber folgendes. Die Differenz in  $C$ , nämlich  $AB$ , war das Vielfache der ganzen Wellenlänge; sagen wir einmal, sie hätte 1000 Wellenlängen betragen. Gehen wir von  $C$  nach links, so kommen wir schließlich, natürlich nicht sehr weit von  $C$ , zu einem Punkte, wo diese Differenz, die ja stets kleiner wird, nur mehr 999,5 Wellenlängen beträgt. Das heißt aber: beide Strahlen löschen sich in diesem Punkte aus, es herrscht dort ein Lichtminimum. Gehen wir noch weiter nach links, so nimmt die Differenz stets ab, bis wir zu einem Punkte kommen, wo sie 999 Wellenlängen beträgt. Das heißt: an diesem Punkte summieren sich die Strahlen, es herrscht ein Lichtmaximum. Gehen wir in dieser Weise allmählich weiter, so treffen wir immer wieder auf diesen regelmäßigen Wechsel von Maxima und Minima; dazwischen liegen natürlich alle entsprechenden Stufen der Helligkeit, alle allmählichen Übergänge vom Maximum zum Minimum und umgekehrt, da ja die Wegdifferenz der Strahlen sich kontinuierlich ändert<sup>1)</sup>.

Wir wollen uns dieses Resultat in der Wirklichkeit veranschaulichen. Verkleinern wir im Geiste die Fig. 4 und fügen sie an ihre Stelle in Fig. 3 ein, so wird ein Bild der Wirklichkeit dadurch hergestellt, daß wir uns Fig. 3 um die Achse  $XY$  rotierend denken. Dadurch erhalten wir die Vorstellung eines formrichtigen Regentropfens und die nach allen Richtungen austretenden Strahlen. Dann werden die Lichtmaxima und Lichtminima, die wir auf der Linie  $CF$  erhielten, Kreisstreifen um  $XY$  beschreiben, von denen der äußere, den der Minimumstrahl erzeugt, hell ist, an den sich dann nach innen zu eine Menge dunkler und heller Kreisstreifen abwechselnd anlagern.

Im Laboratorium wird der Versuch mit einer mit Wasser gefüllten Glaskugel und

<sup>1)</sup> Unglücklicherweise ergibt diese Konstruktion, daß die Maxima um so weiter voneinander abstehen, je weiter sie vom Minimumstrahl entfernt sind, während in der Wirklichkeit das Gegenteil der Fall ist. Man braucht jedoch auf diese Folgerung nicht aufmerksam zu machen.

etwa rotem Lichte gemacht, was eine Reihe von konzentrischen roten und schwarzen kreisförmigen Streifen gibt.

V. Verschiedenheit des Interferenzbildes je nach den Wellenlängen. Wir haben in der vorigen Nr. immer nur von Wellenlänge gesprochen, ohne darüber weiter nachzudenken, daß doch die verschiedenen Farben auch verschiedene Wellenlängen besitzen, das Rot die größte, das Violett die kleinste. Wir wollen uns fragen, ob und wie für Strahlen mit verschiedenen Wellenlängen auch das Bild der Maxima und Minima verschieden wird. Wir haben gesehen, daß die Differenz zweier von  $A$  und  $B$  kommenden Strahlen um so kleiner wird, je weiter der Punkt der Ebene, in dem sie zusammentreffen, von  $C$  entfernt liegt. Immer dann, wenn diese Differenz so weit abgenommen hat, daß sie das Vielfache einer ganzen Wellenlänge ist, ergeben die beiden Strahlen ein Maximum, immer dann, wenn sie das Vielfache einer halben Wellenlänge ist, ein Minimum.  $AB$  (Fig. 5) stelle die Differenz der Fig. 4 gesondert dar. Wir tragen auf  $AB$  die Wellenlänge  $\lambda$  in irgend einem Werte, natürlich in ungeheuer übertriebener Vergrößerung, ab. Hat sich der Leitstrahl

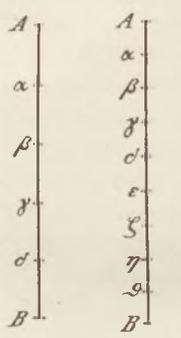


Fig. 5. Fig. 6.

(wie wir den von  $A$  ausgehenden Strahl kurz nennen wollen) so weit gedreht, daß die Differenz zwischen ihm und dem von  $B$  ausgehenden nicht mehr  $AB$ , sondern  $A\delta$  ist, dann erscheint das 2. Maximum, wenn sie  $A\gamma$  ist, das 3., usw. Nun ist aber  $\lambda$  für die verschiedenen Farben verschieden. Für Rot ist z. B.  $\lambda = 760$  Millionstel Millimeter ( $\mu\mu$ ), für Violett  $\lambda = 393 \mu\mu$ . Wenn wir demnach die Differenz  $AB$  als Vielfaches von  $\lambda$  darstellen, müssen wir die abzutragenden Werte für Violett etwas mehr als halb so groß wie die für Rot nehmen (Fig. 6). Ist die Differenz bei rotem Licht (Fig. 5) =  $A\delta$ , dann haben wir das 2. Maximum; ist die Differenz bei violetterem Licht (Fig. 6) =  $A\gamma$ , dann haben wir das 2. Maximum. Um aber die Differenz  $A\delta$  herzustellen, muß der rote Leitstrahl sich bedeutend mehr um  $A$  drehen, als der violette es braucht, um die größere Differenz  $A\gamma$  herzustellen. Wir werden also weiter von  $C$  gehen müssen, ehe wir an das 2. Maximum für Rot kommen, als wir es brauchen, um das 2. Maximum für Violett zu erreichen. Die Maxima des Rot liegen weiter auseinander als die des Violett.

Schon der Umstand, daß die Wellenlänge des Violett etwas mehr als die Hälfte von der des Rot beträgt, legt es nahe, daß die Maxima des Violett um etwas mehr als die Hälfte

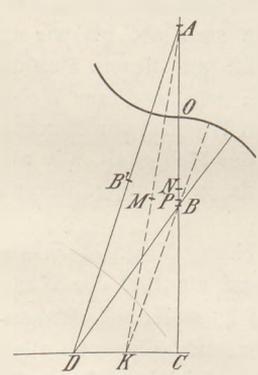


Fig. 7.

der Entfernung von denen des Rot auseinanderliegen. Das kann man sich noch auf andere Weise klar machen. Konstruiert man sich nach Analogie der früheren die Fig. 7 (zur Erklärung:  $DK = KC$ ;  $AN = AB'$ ;  $KM = KB$ ;  $AP = AM$ ;  $PB < PN$ ), so sieht man, daß ein Leitstrahl, bloß um die Hälfte der Differenz der Differenzen  $AB - AB'$  herzustellen, sich schon über die Hälfte der Entfernung  $CD$  wegbewegt haben muß; also ein gut Stück noch über  $\frac{1}{2} CD$ , wenn er mehr als die Hälfte von  $AB - AB'$  herstellen will. Wir wollen auf diese Überlegungen hin einen ungefähren Wert annehmen und sagen, die Entfernung der Maxima des Violett betrage etwa  $\frac{1}{5}$  der Entfernung der Maxima des Rot. Zur



Fig. 8.

Veranschaulichung und zum Vergleiche zeichnen wir eine Reihe Maxima und Minima für Rot und Violett untereinander; die großen Striche bedeuten die Maxima, die kleinen die Minima (Fig. 8).

VI. Intensität. Zwei Lichtstrahlen, etwa von  $A$  aus, die um denselben Winkel voneinander absteigen, schließen, falls sie in der Nähe von  $C$  liegen, ein kleineres Stück der Linie  $CF$  zwischen sich, als wenn sie weiter von  $C$  ablügen. Je länger man sie verfolgt, desto mehr gehen sie ja auseinander; je weiter wir aber von  $C$  abgehen, desto weiter auch

von  $A$ . Bei  $C$  wird also ein kleineres Stück der Ebene von derselben Menge von Strahlen getroffen wie etwa bei  $F$  ein größeres. Ein gleichgroßes Stück bei  $C$  wird demnach von mehr Strahlen getroffen als ein gleichgroßes bei  $F$ . Mit anderen Worten: die Helligkeit des Lichtes nimmt, je weiter wir von  $C$  aus auf der Linie fortschreiten, immer ab. Da wir  $A$  und  $B$  als Lichtquellen betrachten können, hätten wir dasselbe Resultat einfach aus dem Satze folgern können: Je weiter man sich von einer Lichtquelle entfernt, desto schwächer wird das Licht. Die Lichtmaxima sind infolgedessen um so schwächer, je weiter sie von dem Minimumstrahl abliegen.

Aus dem Satze, daß, wenn ungleiche Strecken von der gleichen Lichtmenge bestrahlt werden, die kleinste Strecke die größte Helligkeit zeigt, läßt sich noch eine zweite Forderung ableiten. Wie wir in der vorhergehenden Nr. hörten, ist der Abstand der Maxima Violett kleiner als der Abstand der Maxima Rot. Es ist natürlich auch die Ausdehnung der Maxima resp. Minima selber für die blauen Farben kleiner als für die roten. Nun erhalten aber die auf kleinere Strecken gleichsam zusammengedrängten Maxima der blauen Farben dieselbe Lichtmenge wie die über größere Strecken verteilten Maxima der roten Farben. Daraus folgt, daß die blauen Farben die größte Helligkeit zeigen, die roten Farben die kleinste; die Helligkeiten der übrigen Farben haben dazwischenliegende Werte.

VII. Die gegenseitige Lage der von verschiedenen Farben erzeugten Interferenzbilder. Wir haben bisher nur davon gesprochen, wie sich die Interferenzbilder der verschiedenen Farben in ihren Größenverhältnissen und in der Helligkeit unterscheiden. Wir wollen uns nun fragen, wie die Interferenzbilder zueinanderliegen, wenn einmal zwei oder mehr verschiedene Farben zugleich auf einen Regentropfen treffen. Wir wissen ja, daß die verschiedenen Farben verschieden stark gebrochen werden; das Rot wird am schwächsten, das Violett am stärksten gebrochen. Wenn man demnach die Minimumstrahlen des roten und violetten Lichtes an einem Tropfen zeichnet, werden sie einen Winkel miteinander bilden, der gleich ist der Differenz der Minimumablenkung für Rot und

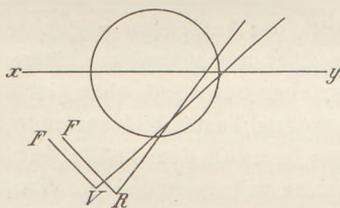


Fig. 9.



Fig. 10.

Violett und ungefähr  $2^\circ$  beträgt. Vergl. die Fig. 9, die nur der Anschauung wegen gegeben, aber nicht berechnet ist. Infolgedessen werden die Bilder der Maxima und Minima, die jeder dieser Minimumstrahlen mit der ihm zugehörigen Wellenfläche erzeugt, etwas gegeneinander verschoben sein, etwa wie Fig. 10 zeigt, wo  $O$  der Durchschnittspunkt der beiden Minimumstrahlen ist; natürlich fallen die beiden Bilder dieser Figur, die nur der Deutlichkeit halber untereinander gezeichnet sind, in Wirklichkeit, da wir ja die Wirkung der Strahlen auf eine Linie resp. Ebene betrachten, übereinander.

Nun erhebt sich die wichtige Frage: Verschiebt sich infolge der schwächeren Brechung der Minimumstrahl Rot so sehr gegen den Minimumstrahl Violett, daß das 2. Maximum Rot rechts vom 2. Maximum Violett fällt oder nicht? Wir stellen zur Beantwortung eine einfache Rechnung an.  $AB$  (Fig. 4) ist ungefähr gleich dem Tropfendurchmesser, wie man aus Fig. 3 sehen kann; wenn man sich mehrere Figuren mit verschiedenen großen Tropfen zeichnet, wird man dieses Verhältnis bestätigt finden. Wir wollen  $AB$  einfach gleich dem Tropfendurchmesser  $a$  setzen. Wir fragen uns nun: Um welchen Winkel muß sich der Leitstrahl  $A$  drehen, bis die Differenz  $AB$  um den Wert einer Wellenlänge abgenommen hat? Sagen wir,  $AB'$  sei diese Differenz  $d$ . Wir verbinden  $B'$  mit  $B$ . Da es sich um außerordentlich kleine Winkel handelt — man bedenke, daß in der Figur die Winkel der Deutlichkeit halber

außerordentlich übertrieben sind —, so erhalten wir eine für unseren Zweck genügende Genauigkeit, wenn wir  $ABB'$  als ein bei  $B'$  rechtwinkliges Dreieck ansehen. Dann ist  $\cos \beta = d/a$ . Nehmen wir  $a = 0,05$  mm und rechnen einmal für Rot ( $\lambda = 687 \mu\mu$ , Linie  $B$ ) und Violett ( $\lambda = 397 \mu\mu$ , Linie  $H$ ). Dann ergibt sich  $\beta$  für Rot  $= 9^\circ 30,5'$ ,  $\beta$  für Violett  $= 7^\circ 13,5'$ , also die Differenz  $2^\circ 17'$ . Die Ablenkung der Minimumstrahlen beträgt, wie sich leicht berechnen läßt, für Rot (Linie  $B$ )  $42^\circ 16'$ , für Violett (Linie  $H$ )  $40^\circ 22'$  also die Differenz  $1^\circ 54'$ . Wenn sich demnach auch der Minimumstrahl Rot gegen Violett um  $1^\circ 54'$  verschiebt, so bleibt, weil die Differenz der Strahlen, die das 2. Maximum erzeugen, gleich  $2^\circ 17'$ , also größer ist, beim 2. Maximum Rot links, Violett rechts.

Zwischen den zugehörigen Maxima für Rot und Violett liegen die Maxima der übrigen Farben ihrer Brechbarkeit entsprechend geordnet; also zwischen dem 1. Maximum Rot und dem 1. Maximum Violett von rechts nach links gerechnet: Gelb, Orange, Grün, Hellblau und Dunkelblau; zwischen den 2. Maxima des Rot und Violett diese Farben in umgekehrter Reihenfolge. Bei weißem Lichte, das ja Strahlen aller Farben in sich vereinigt, werden demnach auf der Linie  $CF$ , resp. auf der Ebene, die die Linie vorstellt, eine Reihe von Spektren entstehen. Das erste Spektrum am Minimumstrahl hat Rot rechts, Violett links, das 2. Spektrum Violett rechts, Rot links; das 3. und 4. wie das 2. Das 5. Spektrum grenzt schon fast unmittelbar an das 4.; von da an überlagern sie sich, indem z. B. das 6. Maximum Violett schon in dem 5. Spektrum liegt.

Veranschaulichen wir uns dies in der Wirklichkeit, indem wir wieder wie früher die Fig. 10, entsprechend hinsichtlich der anderen Farben ergänzt gedacht, in die Fig. 9 im Geiste einfügen und diese um  $XY$  rotieren lassen. Dann liegt, wenn wir den Tropfen von  $X$  aus besehen, um ihn herum ein Kranz von Spektren; das äußerste ist am Außenrande rot, innen violett. Die sich an dasselbe nach innen anschließenden, viel lichtschwächeren Spektren zeigen umgekehrte Farbenfolge und greifen schließlich ineinander über.

Wir haben im Kleinen das Bild des Regenbogens mit seinen Sekundären.

VIII. Der Regenbogen der Wirklichkeit. Von dem Bilde des Regenbogens im kleinen zum Regenbogen der Wirklichkeit ist ein Schritt, der Anfängern wegen der Farbenfolge oft Schwierigkeiten bereitet. Von Tropfen, die über uns schweben, können wir nur die Strahlen sehen, die nach unten gehen; diese haben aber unten rot, oben violett (Fig. 10). Es ist also zu erklären, wie im Regenbogen das umgekehrte Farbenbild zustande kommt.

IX. Die Veränderlichkeit des Regenbogens je nach der Größe der Tropfen. Wenn man sich die Fig. 3 mehrmals zeichnet, und zwar mit verschiedener Tropfengröße, dann wird damit auch die Größe, die wir in Fig. 4 mit  $AB$  bezeichnet haben, verschieden. Je kleiner der Tropfen, desto kleiner  $AB$ , und umgekehrt. Man wird finden, daß  $AB$  immer ungefähr gleich dem Tropfendurchmesser ist; wie wir schon in Nr. VII hervorgehoben haben<sup>1)</sup>. Wir setzen deshalb  $AB$  gleich dem Tropfendurchmesser  $a$ . Wir erinnern uns, daß wir alle Resultate mit Hilfe von  $AB$  gewonnen haben; eine Änderung von  $AB$  muß also auch die Resultate ändern. Wir wollen nun diesen Einfluß von  $AB$  resp. dem Tropfendurchmesser auf die Erscheinung des Regenbogens untersuchen.

In Fig. 11 sind zwei Strecken  $AB$  und  $AB'$  mit ihren entsprechenden Strahlen ineinander gezeichnet.  $AC$  ist wie sonst der Minimumstrahl. Der Leitstrahl  $AE$  ist für beide Figuren — eigentlich stellt die eine Figur ja zwei dar — gemeinsam.  $EB_1' = EB_1$  und  $EB' = EB$ .  $AB_1'$  und  $AB'$  sind also die Wegdifferenzen der von  $A$  und  $B_1$  resp.  $B$  ausgehenden Strahlen. Sie bilden mit den ursprünglichen Differenzen die Differenzen  $MB_1$  und  $NB$ , von denen die zum größeren Tropfendurchmesser gehörende auch selber größer ist. Das bedeutet aber nichts anderes, als daß der Wert der Differenz  $AB_1'$  beim Abnehmen vom ursprünglichen

<sup>1)</sup> Diese Annahme ist nur der Einfachheit halber gemacht. Die daraus abgeleiteten Resultate würden aber ebenso aus der strengeren Annahme folgen, daß  $AB$  dem Tropfendurchmesser bloß proportional ist. Strenggenommen müßte auch in der Formel des Nachtrags  $a$  einen Proportionalitätsfaktor erhalten, den wir natürlich nicht kennen.

Werte  $AB_1$  aus viel öfter durch ein Vielfaches der ganzen und halben Wellenlänge gegangen ist als der Wert der Differenz  $AB'$  beim Abnehmen von dem ursprünglichen Wert  $AB$  aus. Mit anderen Worten: bei großem  $AB$  resp. bei großem Tropfendurchmesser werden sich auf derselben Strecke viel mehr Maxima und Minima bilden, als sich bei kleinerem  $AB$  resp. bei kleinerem Tropfendurchmesser bilden würden. Je kleiner der Tropfendurchmesser ist, desto weiter liegen die Maxima und Minima auseinander. Übrigens ergibt sich dieses Resultat auch sofort aus der Formel in Nr. VII:  $\cos \beta = d/a$ . Je kleiner  $a$  wird, desto größer wird  $\beta$ , und  $\beta$  ist ja der Winkel, den der Leitstrahl mit dem Minimumstrahl bildet. Je weiter nun aber die Maxima und Minima der einzelnen Farben, sagen wir einmal von Rot und Violett auseinanderrücken, desto größer wird auch der Abstand der Maxima des Rot von den entsprechenden des Violett, desto breiter also der Regenbogen, — und umgekehrt. Man muß aber beachten, daß auf diese Weise nur die sekundären Bogen verbreitert erscheinen können; denn die Abstände des Rot und Violett werden beim ersten Maximum nur durch den Ablenkungswinkel der Minimumstrahlen bestimmt.

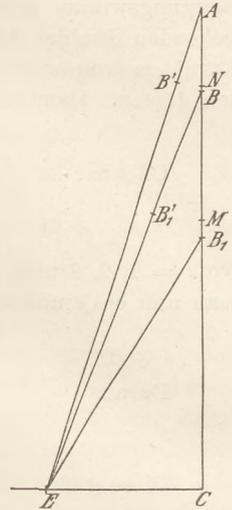


Fig. 11.

Noch eine andere Folge. Bei kleinerem Tropfendurchmesser werden nicht nur die einzelnen Maxima weiter auseinanderliegen, sondern auch die Maxima der einzelnen Farben verbreitert werden, weil jeder Leitstrahl von  $A$  ein weiteres Stück der Ebene bei  $C$  durchlaufen muß, damit die Wegdifferenz über den Wert eines Vielfachen der ganzen Wellenlänge hinauskommt, als bei größerem Durchmesser. Zunächst ist das der Grund, weshalb auch der Hauptregenbogen mit kleinerem  $a$  verbreitert wird. Dann werden infolgedessen auch alle entsprechenden Maxima der einzelnen Farben mehr ineinander übergreifen; dadurch löschen sie sich teilweise aus oder erzeugen die mannigfachsten Farbmischungen. Daher die Verschiedenartigkeit im Aussehen und in der Breite der Farben des Regenbogens. Der Tropfendurchmesser kann so klein werden, daß die entsprechenden Maxima infolge der großen Verbreiterung der Hauptsache nach übereinander fallen und in diesem Falle natürlich weiße Farbe erzeugen. In Betracht kommt hauptsächlich das erste, allenfalls noch das zweite Maximum, weil die übrigen ja mit kleinerem Tropfenradius um so weiter auseinanderfallen, je weiter sie vom Minimumstrahl abliegen, und deshalb die Möglichkeit einer Überlagerung dabei nicht so leicht vorhanden ist. Das ist das Phänomen des weißen Regenbogens. So kleine Tröpfchen, wie sie zu seiner Erzeugung nötig sind (Durchmesser unter 0,005 mm), können nun im fallenden Regen nicht mehr existieren, sondern nur schwebend im Nebel. Daher entsteht der weiße Regenbogen nur auf Nebel und wird darum wohl auch schon Nebelbogen genannt.

Endlich noch eine dritte Folge. Auch die Intensitätsverhältnisse in der Helligkeit der Maxima ändern sich mit wechselndem  $a$ . Wenn die Maxima um so näher beisammen liegen, je größer  $a$  ist, dann ist auch die Verschiedenheit der von der gleichen Lichtmenge bestrichenen Strecken hinsichtlich des Verhältnisses der sekundären Maxima zum Hauptmaximum innerhalb jedes von homogenem Lichte erzeugten Bildes und hinsichtlich des Verhältnisses der Maxima der einen Farbe zu den Maxima der anderen nicht mehr so groß wie bei kleinerem  $a$ . Je größer also  $a$  ist, desto weniger werden erstens die sekundären Maxima vom Hauptmaximum an Intensität und zweitens die Farben jedes Maximums unter sich an Intensität verschieden sein.

X. Der Nebenregenbogen. Er entsteht durch Strahlen, die so auffallen, daß sie zweimal reflektiert werden. Die Ableitung gestaltet sich sonst genau so wie beim Hauptregenbogen; eine kleine Überlegung gibt auch sofort die richtige Farbenfolge. Die Sekundären sind natürlich durch die zweimalige Reflexion so lichtschwach geworden, daß sie in den weitaus meisten Fällen unsichtbar sind.

## Nachtrag.

Es ist nicht uninteressant, daß diese elementare Theorie auf eine ebenso kurze wie einfache Weise zu einer Formel für den Winkel  $\beta$  führt, die der Airyschen Formel für den Beugungswinkel ganz ähnlich ist. Zu dem Zwecke betrachten wir die von  $A$  und  $B$  ausgehenden Strahlen als parallele Strahlen, was wir wegen der ungeheuren Kleinheit des Verhältnisses von  $a$  zur Entfernung der auffangenden Ebene (des Beobachters) ohne Fehler tun dürfen. Dann ist wie früher

$$\cos \beta = \frac{d}{a}.$$

Offenbar ist

$$\frac{d}{a} = \frac{a - z \lambda}{a},$$

wo  $z = 1, 2, 3$  usw. gesetzt werden muß;  $z = 0$  gilt für den Minimumstrahl. Entwickelt man nun  $\cos \beta$  und bricht vor der 4. Potenz ab, dann ist

$$\frac{a - z \lambda}{a} = 1 - \frac{\beta^2}{2}.$$

Daraus

$$\beta = 1,4 z^{1/2} \left( \frac{\lambda}{a} \right)^{1/2}.$$

Diese  $\beta$  sind also die Winkel, um die die Maxima einer Farbe  $\lambda$  vom Minimumstrahl  $\lambda$  abstehen<sup>1)</sup>.

## Chemische Experimentalkurse an der Universität.

Von

A. Thiel in Münster i. W.

Bezüglich der physikalischen Ausbildung von Studierenden des Lehrfaches an den Hochschulen ist von kompetenter Seite aus Hochschul- und Mittelschulkreisen übereinstimmend die Ansicht geäußert worden, daß zu den bisher allgemein üblichen Unterrichtsgegenständen zunächst eine besondere Unterweisung in der Ausführung von Demonstrationsversuchen als durchaus notwendige Ergänzung hinzukommen müßte; fernerhin sind auch noch weitere besondere Vorlesungen und Übungen für Studierende des Lehrfaches vorgeschlagen worden. Über Versuche, diese vielfach noch vorhandene Lücke im Studienplane für das Lehrfach auszufüllen, ist verschiedentlich in dieser Zeitschrift berichtet worden. In manchen Einzelheiten gehen allerdings die Ansichten noch auseinander. In der einen Hinsicht herrscht jedoch völlige Übereinstimmung, daß die Vorbereitung des künftigen Physiklehrers nur durch die Hauptvorlesung und das physikalische Praktikum der Hochschule ganz unzureichend ist, und daß jeder Versuch, diesem anerkannten Mangel abzuhelpfen, mit Freuden zu begrüßen ist.

Was nun für die Physik gilt, das kann man in gleichem Maße auch von der Chemie sagen. Die Analogie ist vollständig. Durch den Besuch der Haupt-Experimentalvorlesung hat noch niemand die Fähigkeit eigenen geschickten Experimentierens erworben, und das übliche chemische Praktikum gibt dem Studierenden zwar nicht vorwiegend vorbereitete Versuche in die Hand, bringt dafür aber auch nur äußerst wenige Operationen, bei denen die manuelle Geschicklichkeit geübt und erprobt wird. Im Rahmen der gewöhnlichen, fast durchweg analytischen Tätigkeit ist ja für eigentliches „Experimentieren“ kein Raum. Daß die analytische Tätigkeit vieles Nützliche mit sich bringt, ist nie verkannt worden, ebenso wenig aber, daß sie für die Ausbildung zum Lehrberufe ganz unzureichend ist.

<sup>1)</sup> Vergl. dazu die Airysche Formel bei Pernter, Meteor. Optik S. 527 oder Winkelmann, Handb. d. Physik, 2. Aufl., VI, 1093.

In dieser aus der praktischen Erfahrung geschöpften Erkenntnis hat in Münster das Königliche Provinzialschulkollegium (insbesondere Herr Provinzialschulrat Professor Dr. NORRENBURG) die Einrichtung eines chemischen Experimentalkurses für Studierende des Lehrfaches an der Universität angeregt. Mit ihrer Abhaltung hat der Herr Universitäts-Kurator mich betraut. Es werden (nach dem Universitätskalender für das Sommersemester 1907) gegenwärtig an nur fünf anderen deutschen Universitäten „Lehrerpraktika“ abgehalten, in Bonn und Freiburg 2stündig, in Göttingen und Erlangen 1stündig; nur in Leipzig existiert ein besonderes Vollpraktikum. Im Gegensatz zu dem Lehrgange, der in Leipzig von J. WAGNER für das gesamte Chemiestudium der Lehrer in einheitlicher Weise entworfen ist und selbständig geleitet wird, konnte es sich hier nur um eine Ergänzung des im chemischen Institut zu absolvierenden Praktikums durch chemisches Experimentieren handeln, d. h. um einen Versuch, die wesentlichste Lücke, welche das gewöhnliche chemische Praktikum läßt, zu füllen.

Für das „Lehrerpraktikum“ sind besondere Räume in einem früher für Schulzwecke benutzten, jetzt der Universität zugewiesenen Gebäude nach meinen Vorschlägen eingerichtet worden; sie werden teilweise noch für das chemische Praktikum der Mediziner benutzt. Beide Praktika sind natürlich zeitlich so weit getrennt, daß Unbequemlichkeiten absolut vermieden werden. Das fünffenstrige, helle Laboratorium enthält 21 sehr geräumige Arbeitsplätze (im Medizinerpraktikum können bis zu 30 Herren untergebracht werden); mit Rücksicht auf das größere Raumbedürfnis bei chemischen Demonstrationsversuchen ist mit 12 Teilnehmern an dem Kursus in maximo gerechnet worden, einer Zahl, die jedoch niemals annähernd erreicht wird, so daß der jedem Teilnehmer zur Verfügung stehende Platz sehr reichlich bemessen ist.

Die weitere Ausrüstung besteht in einem dreiteiligen, geräumigen Abzuge, einem Gebläsetisch mit Wasserstrahlgebläse, einem Material- und einem Chemikalienschrank, Wandregalen für die gebräuchlichsten Reagentien usw. — Vom Laboratorium durch den Hausflur getrennt ist ein kleines Auditorium, das ebenfalls für die Zwecke des Lehrerpraktikums, für Demonstrationen, eingerichtet worden ist und im übrigen nur noch für die Privatvorlesungen des Praktikumsleiters benutzt wird.

Anschließend an den Experimentiertisch, der wegen seiner knappen Ausmessungen zu einer sehr heilsamen Ökonomie des Raumes zwingt, ist ein kleiner, ringsherum Einsicht gewährender Abzug aufgebaut. Außerdem besteht aber noch die Möglichkeit, Abgase durch die Tischplatte in eine unter dem Tische verlaufende, an die Saugleitung eines Wasserstrahlgebläses angeschlossene Röhre abzuführen und so schließlich durch Absorption im Wasser unschädlich zu machen.

Neben dem Auditorium liegt noch ein Raum, der einerseits als Aufbewahrungsort für kostbarere oder empfindliche Apparate und als Dunkelzimmer, andererseits als Privatlaboratorium und Sprechzimmer für den Praktikumsleiter dient.

Für die Beschaffung der Lehrmittelsammlung ist einmalig eine größere Summe zur Verfügung gestellt worden. Zur Unterhaltung und Ergänzung werden für jedes Semester auf Antrag ausreichende Mittel bewilligt; eine feststehende Dotation ist nicht vorhanden. Neben den für den Aufbau von Versuchsanordnungen unentbehrlichen Stativen, Eisenteilen und den gewöhnlichen Laboratoriumsgeräten sind wichtige Apparate wie Gasometer, Gasentwicklungsapparate, Apparate für gasanalytische, elektrolytische und sonstige spezielle Zwecke angeschafft worden. Einige transportable Akkumulatoren wurden ebenfalls in den Bestand aufgenommen.

Die vorgesehenen 4 Wochenstunden (ursprünglich 3 + 1 Stunde, neuerdings aus Zweckmäßigkeitsgründen 4 Stunden hintereinander) sind so eingeteilt, daß während der 3 ersten Stunden das eigentliche Praktikum stattfindet, die 4. Stunde für Demonstrationen der Teilnehmer vorbehalten bleibt.

Im Praktikum werden die wichtigsten Demonstrationsversuche, die den Grundstock jeder Experimentalvorlesung der anorganischen Chemie, ebenso aber auch des Experimental-

unterrichts in der Schule bilden, ausgeführt, ohne daß dabei auf streng logische Folge der einzelnen Versuche besonderer Wert gelegt wird. Für die Reihenfolge sind vielmehr Gründe der Zweckmäßigkeit, der Zeitersparnis und sonstige praktische Gesichtspunkte maßgebend. Jede Apparatur wird frisch aufgebaut und nach Beendigung des Praktikums vollständig auseinandergenommen. Nach wenigen Stunden ist die damit bezweckte Förderung der Gewandtheit im Apparatebau im wesentlichen erreicht. Nur einige wenige Apparate, z. B. Kippsche Gasentwicklungsapparate, bleiben in gebrauchsfertigem Zustande; Füllung und Reinigung sind selbstverständlich Sache der Praktikanten.

Es wird Wert darauf gelegt, daß die Teilnehmer am Praktikum sich klar darüber werden, wie sie sich beim Fehlen der ihnen zur Verfügung stehenden fertigen Apparate mit den überall vorhandenen einfachen Hilfsmitteln und Geräten behelfen könnten. Die Bearbeitung von Glas, Kork und Kautschuk, die Behandlung von Glasschliffen usw. ist Gegenstand häufigster Unterweisung und Übung.

Die Bearbeitung des Stoffes geschieht vielfach in Anlehnung an ARENDTS „Technik der Experimentalchemie“. Einige Exemplare dieses Buches sind in der Handbibliothek vorhanden, welche den Literaturbedürfnissen des von H. KONEN geleiteten physikalischen Lehrerpraktikums und unseres chemischen gemeinsam dient, und stehen den Teilnehmern beliebig zur Verfügung.

Für die Auswahl des Stoffes war einerseits die verfügbare Zeit, andererseits und vor allen Dingen der pädagogische Wert der einzelnen Versuche maßgebend. Der vom Praktikumsleiter ausgewählte Grundstock wird zu Beginn des ganzen Kurses den Teilnehmern<sup>1)</sup> mitgeteilt; die zweckmäßigste Art der Ausführung der Versuche zu finden, ist ihre Sache; anfangs wird ARENDTS Technik vorwiegend zu Rate gezogen, später ergeben sich auch eigene Vorschläge für die Ausführung der ins Auge gefaßten Versuche, für die Aufnahme weiterer Versuche in den Arbeitsplan, Abänderungen und Verbesserungen schon bearbeiteter usw.

Der gegenwärtige Umfang der Übungen läßt sich kurz etwa folgendermaßen skizzieren: Verbrennung in Luft. Sauerstoff. Wasserstoff. Wasser. Chlor. Chlorwasserstoff. Schwefel und Verbindungen (Schwefelwasserstoff, Schwefeldioxyd, Schwefelsäure). Kohlenstoff (auch Versuche mit flüssigem Kohlendioxyd). Stickstoff und Verbindungen (Ammoniak, Stickstoffoxyde, Salpetersäure). Alkalimetalle. Die Lösungen. Erdalkalien und Erden. Eisen. Kupfer. Silber.

Das an der Mittelschule vorzutragende Gebiet kann naturgemäß im Laufe eines Semesters in dreistündigem Praktikum nicht einmal annähernd bewältigt werden. In dieser Hinsicht muß also das Pensum des Lehrerpraktikums noch große Lücken aufweisen. Zweck des Lehrerpraktikums kann ja aber auch gar nicht sein, daß jeder Versuch, den der Schulunterricht verlangt, hier vorher in gleicher Weise einmal angestellt würde, sondern überhaupt Schulung im chemischen Experiment schlechthin. Schließlich kommen gewisse Versuchsanordnungen in ähnlicher Form immer wieder — das wird auch im wesentlichen für die praktischen Unterweisungen während der Seminarzeit gelten — und selbst wenn ganz neue Aufgaben an den jungen Lehrer herantreten, so wird er ihnen doch weit leichter und sicherer gerecht werden, wenn er die Geschicklichkeit und Findigkeit im Apparatebau, die ein Praktikum der beschriebenen Art auch in dem hier notwendigen engen Rahmen gewähren kann, sich angeeignet hat, als wenn sich seine praktische Kenntnis chemischer Apparate lediglich auf die Erfahrungen im analytischen Praktikum gründet.

In der für eigentliche Demonstrationen bestimmten vierten Wochenstunde des Kurses halten die Teilnehmer durchweg zusammenhängende Experimentalvorträge, durch die sie sich über die im Praktikum erzielten Erfolge auszuweisen haben. Die Themata werden eine Woche vorher bekannt gegeben. Die gemachten Voraussetzungen werden vom Vor-

<sup>1)</sup> Außer Studierenden nehmen auch Seminar- und Probekandidaten sowie jüngere Oberlehrer (auf Veranlassung des Königl. Provinzialschulkollegiums) an den Kursen teil.

tragenden angegeben; es wird stets angenommen, daß der behandelte Stoff selbst dem Hörer noch völlig fremd ist. Hier müssen die Einzelversuche in streng logischen Zusammenhang gebracht und erläutert werden. An jeden Vortrag schließt sich eine Diskussion seitens der übrigen Teilnehmer und schließlich eine zusammenfassende Kritik des Leiters. Gerade der in der Diskussion erfolgende Gedankenaustausch pflegt außerordentlich anregend und nützlich zu sein.

Im übrigen möchte ich weitere Erörterungen über den für mich unzweifelhaften Nutzen derartiger Demonstrationsübungen an dieser Stelle unterdrücken.

Münster, Chemisches Institut der Universität, Juni 1907.

## Weiteres über quantitative Versuche mit Wasserstoff.

Von

Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

In zwei Mitteilungen (*ds. Zeitschr. XVIII 277* und *XIX 98*) habe ich einfache, schnell verlaufende Versuche angegeben, bei denen Wasserstoffgas abgemessen und die Reduktion auf normale Verhältnisse in vereinfachter Weise durchgeführt wird, so daß damit stöchiometrische Verhältnisse in leichtverständlicher Weise klargelegt werden. Zunächst wurde die Entwicklung von Wasserstoff mittels einer bekannten Metallmenge in einem großen Säureüberschuß, dann das Austreiben des gesamten Säurewasserstoffes aus einer abgemessenen Säuremenge mittels eines großen Überschusses an reinem Magnesium behandelt. Hierbei ergaben sich mehrere für den Unterrichtsgebrauch geeignete Verfahren der Einstellung von Normalsäurelösungen. Im folgenden möchte ich diese Ausführungen in verschiedenen Punkten ergänzen und z. T. unter Bezugnahme auf Bemerkungen des Herrn FRIEDR. C. G. MÜLLER (*ds. Zeitschr. S. 144*) die Anordnung der Versuche begründen.

1. Nach diesem Autor sind „absolute Bestimmungen von Gasmengen wegen der nötigen Reduktionen umständlich, schwierig und unübersichtlich“. Hierauf muß ich erwidern, daß die Reduktion eines feucht gesättigten Gasvolumens von annähernd  $19^{\circ}$  auf Trockenheit und  $0^{\circ}$  durch Subtraktion von  $\frac{1}{50}$  und dann von  $\frac{1}{15}$  diese Rechnung einfach und übersichtlich macht. Mittels der in diesem Heft S. 273 ff. beschriebenen Versuche können die Bruchwerte in der Wärmelehre auch experimentelle Begründung erhalten. Das gleiche gilt von der, wenn nötig, voraufgehenden Reduktion des Gasvolumens von der von  $19^{\circ}$  abweichenden Zimmerwärme auf diese Temperatur. Während trockene Luft bei Zimmerwärme ihr Volumen für den einzelnen Grad um nahezu  $\frac{1}{300}$  ändert, erhöht sich dieser Betrag in feuchtwandigen Gefäßen auf nahezu  $\frac{1}{200}$ . Die Kenntnis dieser Zahlenwerte ermöglicht ein schnelles quantitatives Urteil und gründlicheres Verständnis bei Versuchen mit Gasen. Als Beispiel für die Umrechnung eines Gasvolumens auf  $19^{\circ}$  und Normaldruck sei das Folgende angeführt:

Die Temperatur der Messung weiche um  $\pm 2,4$  Grad von  $19^{\circ}$  ab, der Druck um  $\pm 15$  mm von 760 mm. Erstere Abweichung veranlaßt die Hinzufügung von  $\mp 24 : 2 = \mp 12\%$ , letztere von  $\pm 15 : \frac{3}{4} = \pm 20\%$ , welche Werte natürlich vereinigt werden. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß man bei positivem Vorzeichen der Promillensumme dieselbe mit der nachfolgenden Subtraktion von  $\frac{1}{50}$  (zur Reduktion auf Trockenheit)  $= 20\%$  vereinigen kann. Bei Verwendung von  $\frac{1}{50}$  Gramm-Atomgewicht der zweiwertigen Metalle erhält man gegen 500 ccm Wasserstoff im Säureüberschuß; die Ausrechnung des ccm-Betrages des Promillewertes kann daher durch eine Division der Promilleanzahl durch 2 erledigt werden. 20 ccm Normalsäure liefern gegen 250 ccm Wasserstoff mittels des Magnesiumüberschusses; einen geringen Promillewert berechnet man also durch Division durch 4 genügend genau.

Wir sehen daher, daß der an die Wandtafel geschriebenen Zahl für das möglichst genau abgelesene Gasvolumen nur einige wenige andere beizufügen sind, um in kurzer Zeit und viel übersichtlicher als beim Rechnen nach Formeln das stöchiometrisch verwendbare, auf Normal gebrachte Volumen vor Augen zu erhalten. Eine Ablehnung der verkürzten Reduktionsrechnung, weil bei größeren Abweichungen von  $19^\circ$  und 760 mm bemerkbare Fehler entstehen, erscheint mir nur bei besonderer Ungunst der Verhältnisse des Ortes berechtigt.<sup>1)</sup> Die eingangs zitierte Bemerkung würde auch viele der wertvollen stöchiometrischen Gasmessversuche angehen, die Herr FRIEDR. C. G. MÜLLER selbst bearbeitet hat, z. B. *ds. Zeitschr. XIV 330 unter IV. und Technik des phys. Unt. S. 364* (absolute Bestimmung von  $CO_2$ ).

2. Ohne Reduktion auf Normal sind manche aufeinander folgende Abmessungen chemisch entwickelter oder veränderter Gasmengen stöchiometrisch verwendbar, wenn während des schnellen Verlaufes der Versuche keine erheblichen Änderungen von Druck und Temperatur vorkamen. Diese Bedingung ist bei der Auflösung kleiner gewogener Mengen dünnen Bleches der Metalle Mg, Al, Zn, Cd und Sn in einem erheblichen Säureüberschuß erfüllt, selbstverständlich auch bei der Auflösung der viel umständlicher zu behandelnden Metalle K und Na, nicht aber bei der *ds. Zeitschr. XX 146* angegebenen Abänderung der früher beschriebenen Versuche (*III 122* und *XIV 330*) der Auflösung von je 1 g Mg, Zn und Al in je 50 bzw. 75 ccm doppelnormaler Salzsäure. Auch bei Verwendung von nicht ganz 0,2 mm dickem Zinkblech löst sich das Metall nicht, wie Herr FRIEDR. C. G. MÜLLER mitteilt (auch *Technik d. phys. Unt. S. 363*), in wenigen Minuten, sondern trotz Erwärmens dauert es 10 Minuten bis zu einer halben Stunde; die Auflösung von ebenso dünnem Aluminiumblech dauerte meistens noch länger und hinterließ bei den verschiedenen Sorten, die mir zur Verfügung waren, eine durch fein verteilte Beimengungen so dunkel gefärbte Lösung, daß eine Titration mit Natronlauge nicht ohne weiteres anging. Auch nach einer Stunde war die Flüssigkeit nicht dekantierbar. Ohne Kenntnis der Bezugsquelle für das jedenfalls besonders reine Metall des Herrn MÜLLER oder zeitraubendes Filtrieren und Auswaschen konnte ich die beschriebenen Versuche nicht wiederholen. Von der Notwendigkeit des letzteren abgesehen, sind die Versuche nur dann im Unterrichte ausführbar, wenn sie gleichzeitig mit der nötigen Zahl von Meßgerätschaften angesetzt werden, und eine längere Zeit dafür verfügbar ist.

3. Zur Beurteilung der Frage, ob Metallstücke von 1 g- oder von  $\frac{1}{50}$  g-Atomgewicht praktischer verwendbar sind, darf man nicht übersehen, daß die Wasserstoffmengen bei Verwendung der letzteren Gewichtsmenge gleiche (meistens nahezu 500 ccm) sind, nur bei Al das  $\frac{3}{2}$ fache betragen und bei Entwicklung aus konzentrierten Säuren hintereinander im gleichen Meßgerät abgemessen werden können, während 1 g Mg und Al viel mehr Gas liefern, als in einzelne Meßglocken des Herrn FRIEDR. C. G. MÜLLER hineingeht. Da man diese also nicht ohne Umstände (T-Verbindung und mehrere Glocken) verwenden kann, auch keine andere Rücksichtnahme auf die reichliche Gasentwicklung angegeben wurde, so erscheint eine Rückkehr zu der von Herrn MÜLLER nur *ds. Zeitschr. III 122* beschriebenen Versuchsanordnung berechtigt, für deren Benutzung die Dauer der Versuche zu 15–20 Minuten angegeben wurde. Es sei hierbei bemerkt, daß die Abmessung der aus 1 g Al in 75 ccm doppelnormaler Salzsäure entwickelten Wasserstoffmenge mittels der Glocke eines großen „Verdrängungsapparates“ (*ds. Zeitschr. XIX 149*) bei 754 mm und  $20^\circ$  1345 ccm ergab. Bei dem um 19 cm tieferen Niveau des Wassers in der Glocke waren  $19\text{‰}$  zu addieren, die mit den  $-13\text{‰}$  (wegen 6 mm und  $1^\circ$  Druck- bzw. Temperaturabweichung) vereint  $+6\text{‰}$ ,

<sup>1)</sup> Bei dieser verkürzten Reduktion auf  $19^\circ$  kann man bei Drucken zwischen 700 und 790 mm von über  $25^\circ$  ausgehen, ohne daß der Wert des Gasvolumens um über  $1\text{‰}$  fehlerhaft wird. Hingegen erhöht sich bei dem seltenen Drucke von 700 mm und bei der in Lehrzimmern wohl nur vereinzelt vorkommenden Temperatur von  $15^\circ$  der Fehler der Rechnung auf  $+3\text{‰}$ , so daß er dann an der Genauigkeitsgrenze der einfachen Abmessung von Gasen liegt.

also 1353 ccm von 19° und 760 mm Druck, und weiter 1238 ccm für Normal ergaben, während die berechnete Menge 1240 ccm beträgt.

Aus dem Vorstehenden geht wohl zur Genüge hervor, daß von den beiden Versuchsreihen nicht die mit 1 g, sondern nur die mit  $\frac{1}{50}$  g-Atomgewicht in kurzer Zeit und bei einer Vorbereitung und Apparatenzahl von mäßigem Umfange ausführbar ist.

4. Herr FRIEDR. C. G. MÜLLER schreibt ferner, daß die Nachprüfung eines vorher vom Lehrer festgestellten kleinen Gewichtes mittels einer kleinen billigen Handwage zweckmäßig sei, „vorausgesetzt, daß es sich um ein volles Gramm handelt, wie wir es seither immer eingerichtet haben. Dagegen ist der Vorschlag, mit  $\frac{1}{50}$  Gramm-Atomgewicht zu arbeiten, was jedesmal eine Auswägung bis in die Milligramme erfordert, wohl nicht als praktisch zu bezeichnen“. Zunächst sei bemerkt, daß es im letzten Satze wohl ebenfalls Nachprüfung statt „Auswägung“ heißen soll, da nur so stets von mir mit den Metallröllchen verfahren und dementsprechend berichtet wurde. Um übrigens in vereinzelt Fällen den nahe herantretenden Schülern das „Auswägen“ auf der Analysenwage zu zeigen, kann es andererseits kein bequemeres Material geben als die haltbaren und sauberen Magnesiumspänchen, die zuletzt mit der Pinzette einzeln bewegt werden. Für die gegenwärtig zu besprechenden Versuche kommt dies indessen, wie erwähnt, nicht in Betracht. Beim Nachprüfen der Röllchengewichte handelt es sich auch nicht um „eine bis in die Milligramme gehende Gewichtsbestimmung unbekannter Mengen“. Die Gewichte sind ja mindestens dem Lehrer bekannt, wenn das Abgleichen der Blechstücke vor der Stunde stattfand, oder es sind natürlich die ausnahmsweise abweichenden Gewichte von ihm notiert worden. In der Stunde nimmt dann das Auflegen der kleineren Gewichtsstücke statt des einzelnen Grammstückes nur wenige Sekunden mehr in Anspruch, die außerdem recht nützlich verwendet werden, da hierbei mit den Atomgewichten gleichsam direkt hantiert und sonst meistens nur damit gerechnet wird. Bei Verwendung der kleinen Handwage würde ich der Frage eines kritischen Schülers entgegensehen, ob denn diese so empfindlich und gleicharmig sei, daß die „weithin sichtbare“ Gleichheit des Gewichtes verlässlich wäre. Wohl aber würde die Versicherung des Lehrers nicht bezweifelt werden, daß die Metallstücke auf  $\frac{1}{50}$  Gramm-Atomgewicht abgeglichen wären, wenn auch die Nachprüfung in der Klasse nicht genauer als bis auf 1 cg zu vollziehen sein sollte. Andererseits ist der Gebrauch von Wagen für Nachprüfungen im Unterrichte nichts Neues, die einzelne mg abschätzen lassen; die „Klassenwage“ der Herrn FRIEDR. C. G. MÜLLER zeigt 0,005 g auf 4 m Entfernung an (III 118), und wohl bei vielen Lehrern wird nicht bloß auf dem Tische demonstriert, sondern gelegentlich vor dem exaktesten Instrumente der Sammlung zusehen.

Essollte auch nicht verkannt werden, daß die gleichviele Atome enthaltenden Blechstückchen ein die Anschauung vermehrendes und das Hineindenken in die theoretischen Verhältnisse erleichterndes Lehrmittel sind, ebenso wie die 10-Grammatomgewichtsstücke aus den gleichen Metallen, die kalorimetrisch gleiches Verhalten zeigen. Genau abgewogene Röllchen gleichwertiger Metalle zeigen ihre Gleichatomigkeit, indem sie gleichviel Atome Wasserstoff freimachen, ohne daß etwaige Rechenfehler diese Erkenntnis verzögern<sup>1)</sup>. Die Reduktionsabzüge brauchen bei der nahen Übereinstimmung der mittels zweiwertiger Metalle entwickelten Wasserstoffmengen nur einmal, für Al ein zweites Mal überlegt zu werden. Bei der geringen Zeit, über die der chemische Unterricht an vielen Anstalten verfügt (Kadettenkorps 2 Jahre, Gabelklassen der Gymnasialprimen), sollten alle Hilfen gelten.

Ferner möchte ich bemerken, daß mir stets Versuche wertvoller vorkommen, die nebenbei einzelne besondere Interessenten unter den Schülern verstärkt anregen. Es ist dies bei den von mir angegebenen Gasmessungen der Fall, die, auf Normal reduziert, durch den Vergleich mit dem nahe übereinstimmenden berechneten Werte Fragen nach den Ursachen der kleinen Abweichungen zeitigen. Hatte man hingegen je 1 g der Metalle aufgelöst, so

<sup>1)</sup> Es sei gestattet, hierbei auf einen Druckfehler in dem Werke hinzuweisen: FRIEDR. C. G. MÜLLER, *Technik des phys. Unt.* S. 363, wo die aus 1 g Zn entwickelte Gasmenge reduziert zu 308 ccm angegeben ist.

weiß man ohne Reduktion nicht, welche von den Versuchen die kleinen Abweichungen zwischen Theorie und Messung eigentlich verschuldeten. Nicht nur Verunreinigungen kommen hierbei in Betracht, sondern bei manchen Metallen das Umschließen kleiner Metallreste durch die Beimengungen, was sich hinterher beim Erwärmen in konzentrierterer Säure zeigt. Hätte man beim Lösen in verdünnterer Säure lange Zeit eine Flamme in der Nähe gehabt, so würde selbst die Temperatur eines Zylinders mit Wasser steigen, worin die Glocke mit dem Gase sich befindet. Durch Schirme kann man diesen Einfluß freilich wirksam fernhalten.

5. Bei Benutzung der von mir angegebenen Gasmeßzylinder kann man, um den bei richtigem Hantieren unberechtigten Zweifeln über Wirkungen abgeschirmter Strahlungen zu begegnen, einen zweiten, oben verschlossenen Zylinder, der halb voll Wasser ist, neben dem benutzten aufstellen oder einen ähnlichen Zylinder als Thermoskop vorrichten und den gleichen Einflüssen aussetzen. Der Kork im Bodentubus wird natürlich mit Draht befestigt; das Abflußrohr wird gegenwärtig unten weiter, seiner Hauptlänge nach leichter gemacht, so daß es nach jeder drehenden Einstellung völlig sicher feststeht. Die Temperatur der Gasmessung gibt ein Thermometer an, wenn man es in das Wasser im Meßzylinder einsenkt. Ein im Stopfen befindliches Thermometer steigt bei den Versuchen nur um ein ganz Geringes; das Gas hat natürlich oben die maximale Temperatur. Die Ablesung des Gasvolumens ist erheblich leichter ausführbar, als wenn das gleich hohe Niveau in einem weiteren Zylinder das abzulesende umgibt. Bei den Ablesungen empfiehlt es sich, Schüler hinzuzuziehen.

6. Bezüglich der Reinheit des gegenwärtig erhältlichen Magnesium-Metalles sei auf die Angaben der Korrespondenz S. 270 verwiesen und die ergänzende Auskunft mitgeteilt, die ich der Fabrik Griesheim-Elektron in Frankfurt a. M. verdanke. Magnesium dieser Werke enthält folgende Verunreinigungen: Späne: 0,09 % Fe, 0,016 % Al, 0,05 % Cu; Würfel: 0,02 % Fe, 0,01 % Al, 0,005 % Cu; Stäbe: 0,02 % Fe, 0,01 % Al, 0,006 % Cu. Calcium und Silicium sind nicht darin. Der Eisengehalt der Späne entsteht hauptsächlich beim Abdecken. Beim Walzen der Bleche der Fabrik wird das reine Metall sehr wenig verunreinigt. Man sieht nur einzelne punktförmige Fremdteilchen auf dem blanken Metalle. Blechstücke, deren Oberfläche durch Anätzen, Abspülen und Waschen mit Alkohol frisch gereinigt ist, sind zur bequemen Urprüfung von Normalsäuren sehr geeignet. Rechnet man 1 ‰ des gewogenen Bleches auf Beimengungen, so hatten die damit eingestellten Säuren bei Verwendung schärfster Meßgeräte und des Temperaturfaktors der Lösungen keinen erkennbar anderen Gehalt, als anderweitig genauest eingestellte Säuren, u. a. eine aus einem Laboratorium der hiesigen Technischen Hochschule bezogene, die ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. Herm. Thiele verdanke. Bezüglich der Verwendung eines Salmiakzusatzes für die baldige völlige Lösung des Mg, sowie der Demonstration der annähernden Reinheit der Späne vgl. die zitierten Mitteilungen. Für Schulversuche kann man die Korrektur bei der verbesserten Reinheit des Metalles wegfällen lassen. Die Bezugsfirmen sind die früher angegebenen.

Der hohe Grad der schon jetzt erreichten Reinheit des Metalles läßt es berechtigt erscheinen, das Magnesium bei seiner großen Haltbarkeit und Schnelllöslichkeit zum ausgedehnten quantitativen Gebrauche dringend zu empfehlen. Man wird viel Freude und Nutzen davon haben.

## Kleine Mitteilungen.

### Einfachster Piézometerversuch.

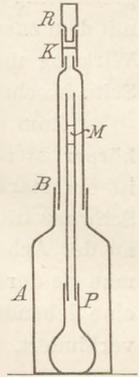
Von **J. Jung** in Wien.

Schon vor Erscheinen des Aufsatzes von Prof. Grimsehl (ds. Zeitschr. XX 7) bemüht, die Zusammendrückbarkeit des Wassers leicht beobachtbar zu machen, gelangte ich zu folgendem Verfahren:

Begnügt man sich mit bloßer Druckverminderung, so stellt man ein (nicht zu kleines) Piézometergefäß aus Kochflasche und Thermometerrohr einfach unter den Rezipienten

der Luftpumpe. Schon bei den ersten Kolbenzügen steigt der Wasserfaden im Kapillarrohr, und an der Barometerprobe sieht man den auf dem Wasser lastenden Druck.

Sowohl Druckvergrößerung als auch Druckverminderung erzielt man auf die bequemste Weise, wenn man das Piézometergefäß *P* in ein mit Wasser gefülltes Außengefäß *A* einschließt; dazu eignet sich eine gewöhnliche Glasflasche mit abgesprengtem Boden, in deren Hals mit Siegelack das weite Glasrohr *B* eingesetzt ist. Nach Einführung des mit Wasser gefüllten *P* in *A* wird eine Glasplatte als Boden von *A* angesiegelt. Im Rohr von *P* läßt man als Manometer einen etwa 2 cm langen Luftfaden, über dem sich wieder Wasser befindet, und füllt dann das ganze Gefäß *A* samt *B* und dem oben auf *B* geschobenen etwa 3 cm langen Schlauchstückchen *K* mit Wasser. Vorsichtiges Erwärmen und Abkühlen bringt den Luftfaden *M* an eine zur Beobachtung bezw. Projektion geeignete Stelle. *K* wird oben mit dem unten zugeschmolzenen Glasröhrchen *R* verschlossen. Zwängt man nun mit zwei Fingern das Schlauchstück *K* ein, ohne *R* ein Herausgleiten zu erlauben, so preßt man die kleine Luftmenge in *K* leicht bis auf die Hälfte ihres Volumens zusammen; das Piézometerwasser steht unter fast zwei Atmosphären Druck; der Luftfaden *M* verkürzt sich in meßbarer Weise und senkt sich ganz merklich infolge der Volumsabnahme des Wassers in *P*. Besonders wirksam ist das Einzwängen von *K*, wenn das Wasser bis an *R* heranreicht. Behufs Druckverminderung braucht man nur *K* ohne Einschnürung zu dehnen oder, was noch ausgiebiger ist, an einem statt *K* aufgeschobenen längeren Schlauch zu saugen. Ist das Rohr von *P* kalibriert, so können wirkliche Messungen durch Beobachtung von *M* gemacht werden. Auch jeder einzelne Schüler kann durch einen Fingerdruck das Wasser zusammenpressen.



### Elektrische Erscheinungen an Wassertropfen und Rauchwirbeln.

Von Prof. Alfred Schmidmayer in Mähr. Weißkirchen.

1. Eine isoliert befestigte Metallkugel wird mit dem einen Pole einer Elektrisiermaschine verbunden. Darauf bringt man an die Unterseite der Kugel einen Wassertropfen und setzt die Maschine in Gang. Der Tropfen zeigt folgende Veränderungen, die in Fig. 1 angegeben sind:

a) der Tropfen im unelektrischen Zustande; b) nach einigen Umdrehungen: der Tropfen spitzt sich zu; c) der Tropfen nimmt die Gestalt eines vollkommenen, wie gedrechselt erscheinenden Kreiskegels an; aus der Spitze des Kegels sprühen auffallend kleine elektrisierte Wassertröpfchen.

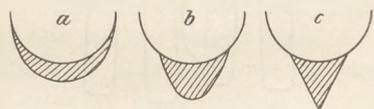


Fig. 1.

Diese Versuche eignen sich auch sehr gut zur Projektion vor einem größeren Auditorium.

2. Aus einem der bekannten Rauchwirbelapparate läßt man einen Rauchring über eine elektrische Spitze gleiten. Infolge des elektrischen Windes erfährt der Ring eine Ablenkung aus seiner Bahn, um sich aber danach sofort wieder in der früheren Richtung zu bewegen (Fig. 2).

Dieser Versuch kann mannigfaltig modifiziert werden, namentlich wenn man die Trommel isoliert aufstellt und mit der Maschine verbindet und so den Rauchring elektrisiert. Mittels zweier gegenüberstehender,

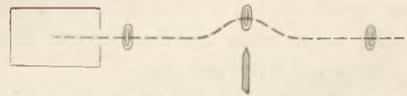


Fig. 2.

isolierter und mit der Elektrisiermaschine entsprechend verbundener Trommeln läßt sich die Anziehung bezw. Abstoßung ungleichnamig bezw. gleichnamig elektrisierter Rauchringe sehr hübsch zeigen.

## Warum fällt die Katze auf die Füße?

Von C. Hartmann in Schweinfurt.

Wenn eine Katze in dem Augenblick, wo sie anfängt zu fallen, sich von irgend einem festen Gegenstand abstößt und dadurch ihrem Körper eine solche Drehung erteilt, daß sie mit den Füßen voran abwärts fällt, so ist das ebenso erklärlich, wie wenn ein Schwimmer es beim Absprunge nach Belieben so einrichtet, daß er mit dem Kopfe oder mit den Füßen voran ins Wasser gelangt. Aber die Katze fällt auch dann auf die Füße, wenn man ihr an jedes Bein ein Bändchen bindet, sie daran rückenabwärts aufhängt und die vier Bändchen gleichzeitig losläßt. Ein Abstoßen ist dann ausgeschlossen. Die Katze schlägt vielmehr im Falle mit dem zuerst senkrecht herabhängenden Schwanze einen Kreisbogen. Nach dem Prinzip von Wirkung und Gegenwirkung muß also der Körper eine Drehung nach der entgegengesetzten Seite beschreiben.

Zum experimentellen Nachweis habe ich folgendes Modell angefertigt. Der Katzenkörper ist ein Zylinder aus Pappe, mit dünnen Brettchen abgeschlossen. Als drehbare Achse ist ein starker Eisendraht durchgesteckt, dessen eines Ende den aus Pappe geschnittenen Schwanz trägt. Eine kräftige Uhrfeder (nicht abgebildet) ist mit dem inneren Ende irgendwo an der Achse, mit dem äußeren an der Zylinderfläche befestigt. Diese Feder vertritt, wenn man sie durch Drehen des Schwanzes gespannt hat, die Stelle derjenigen Muskeln, mit welchen eine lebende Katze ihren Schwanz im Kreise schwingen kann. Ein Hemmstift *H* (Fig. 3) verhindert, daß der Schwanz um mehr als eine volle Drehung gedreht werden kann.

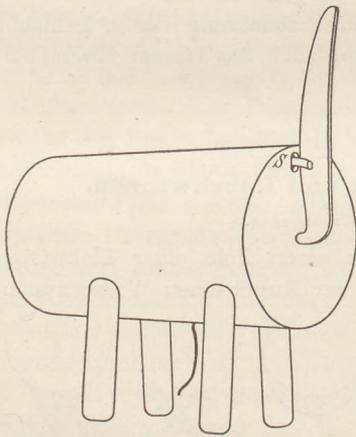


Fig. 1.

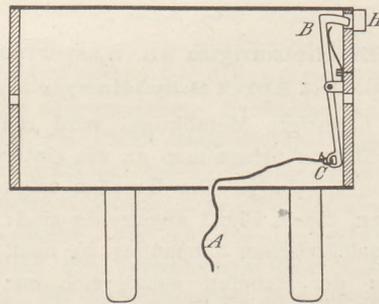


Fig. 2.

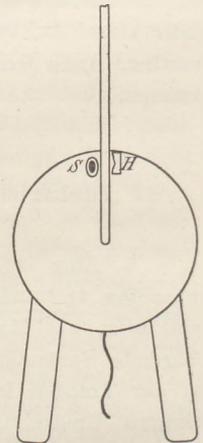


Fig. 3.

Hält man die Beine des Modells nach oben, zieht die Feder auf, indem man den Schwanz um nahe  $360^\circ$  nach rechts dreht, und läßt dann gleichzeitig beides los, so dreht sich der Schwanz nach links, der Körper nach rechts, und die Katze gelangt nach etwa 60 cm Fall auf die Füße. Um die einwandfreie Gleichzeitigkeit zu erzielen, ist im Innern am Hinterende ein federnder Hebel *BC* angebracht (Fig. 2; Achse und Schwanz nicht abgebildet), an welchem bei *C* eine Schnur *A* befestigt ist, und der bei *B* einen Stift *S* trägt. Der Stift tritt, wenn man an der Schnur zieht, durch eine Öffnung nach außen und hält den aufgezogenen Schwanz fest.

Der Versuch verläuft folgendermaßen: Man dreht den Schwanz bis zur Hemmung *H*, zieht dann an der Schnur (sie tritt durch ein Loch im Bauch nach außen), wodurch der Schwanz fixiert wird, und hält nun nur mehr an der Schnur die ganze Vorrichtung freihängend fest. Läßt man dann die Schnur los, so beginnt das Fallen, das Drehen des Schwanzes nach links und das Drehen des Körpers nach rechts. Das Modell fällt bei genügender Fallhöhe stets auf die Füße.

Es ist klar, daß der Winkel, um welchen der Schwanz einer Katze sich drehen muß, wenn sich der Körper entgegengesetzt um  $180^\circ$  drehen soll, abhängig ist vom Verhältnis der beiderseitigen Trägheitsmomente, was bei der Konstruktion des Modells zu berücksichtigen war. Ebenso ist die Stärke der Feder, welche den Hebel *BC* dem Zug der Schnur entgegengesetzt bewegt, abhängig vom Gewichte des Ganzen und von der Reibung des Stiffes *S* am Schwanze.

Auch der Mensch kann sich in Drehung um seine Achse versetzen und die Drehung wieder willkürlich beenden, ohne am Boden oder an sonst einem Körper Widerhalt zu finden. Er kann in einem kleinen Boot stehend sich und das Boot in Drehung versetzen, ohne ein Ruder ins Wasser zu tauchen; er braucht nur das Ruder oder eine Stange im Kreise um seinen Kopf zu schwingen; sofort dreht er sich selbst mitsamt dem Boote langsam in entgegengesetzter Richtung. Wie wenig der Luftwiderstand dazu beiträgt, ersieht man daraus, daß mit einer dünnen, aber schweren Eisenstange ein größerer Effekt erzielt wird als mit einem breiten, aber leichten Ruder. Auf Schlittschuhen läßt sich der gleiche Erfolg schon durch geeignetes Schwingen der Arme erreichen. Ebenso auf einem Drehstuhle.

Das Gegenexperiment, ob die lebende Katze ohne Schwanz auch auf die Füße fällt, überlasse ich zur Vivisektion berechtigten Experimentatoren. Ein allenfallsiges Festbinden des Schwanzes dürfte die Beweglichkeit des Tieres so beeinträchtigen, daß der Versuch nicht genügende Beweiskraft hätte.

### Die Spitzenwirkung für positive und negative Elektrizität.

Von Dr. **D. van Gulik** in Wageningen (Holland).

Um die Ausstrahlung der Elektrizität aus Spitzen zu erläutern, verfügen wir über mehrere wohlbekanntere Versuche, welche sowohl den Ladungsverlust als die Saugwirkung demonstrieren. Ich gebe hier Franklins „experiment of the golden fish“ den Vorzug, wohl dem einfachsten Versuch dieser Art<sup>1)</sup>. Einen geriebenen Glasstab nähert man einem in der Luft schwebenden Stück Blattgold oder Blattaluminium in Deltoidform. Das Metallblatt eilt zunächst dem elektrischen Stabe zu, verzögert aber seine Bewegung plötzlich in der Nähe des Stabes und weicht zurück, ohne diesen berührt zu haben; die Spitze hat einen Teil der Ladung abgesaugt. Man treibt nunmehr das geladene Metallblatt mit dem Glasstab in die Nähe eines Gasarmes, der es anzieht und entladet. Das Blättchen eilt jetzt zum Stabe zurück; man kann es so zwischen Stab und Gasarm schnell hin und her fliegen lassen.

Der Versuch dürfte wohl ziemlich allgemein bekannt sein, doch finde ich ihn nur selten erwähnt, wahrscheinlich weil er zu oft mißlingt. Das Blättchen fliegt meistens auf den Ebonitstab und haftet an demselben, so daß es, ohne zerrissen zu werden, nicht entfernt werden kann, bevor der Stab über einer Flamme entladen ist. Dieses Mißlingen kommt aber nur dann vor, wenn man einen Ebonitstab oder eine Siegelackstange und dergl. benutzt; der Versuch gelingt ganz sicher mit einem Glasstab, mit geladenen Konduktoren oder auch mit einem Ebonitstab, der mit amalgamiertem Leder gerieben, also positiv geladen ist.

Das ungleiche Verhalten dieser verschiedenen Gegenstände hat seinen Grund darin, daß eine negative Ladung besser als eine positive durch Spitzen ausgestrahlt wird<sup>2)</sup>. Wenn

<sup>1)</sup> Vergl. Tyndall, Lessons in Electricity, pag. 62.

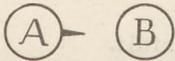
<sup>2)</sup> Bisweilen findet man den umgekehrten Satz ausgesprochen, daß die positive Elektrizität besser ausstrahle (z. B. Weinhold, Phys. Dem., S. 670). Dies ist nicht richtig; die „Minimalspannung“ des negativen Spitzenstromes ist (wie die negative „Anfangsspannung“) unter sonst gleichen Umständen kleiner als diejenige des positiven Spitzenstromes, und weil noch dazu die Geschwindigkeit der negativen Ionen größer als diejenige der positiven ist, folgt, daß der negative Spitzenstrom aus zwei Gründen größer sein muß. (Vergl. Winkelmann's Handb. d. Phys., Bd. IV, S. 525, 526 und 543, mit dortiger Literaturangabe; und in der neueren Literatur: K. von Wesendonk, Über Spitzen-

man nun einen positiven Stab benutzt, wird das Blättchen die induzierte Ladung erster Art, welche negativ ist, leicht ausstrahlen und also selbst eine positive Ladung bekommen, ohne den Stab zu berühren.

Daß das Blättchen bei Gebrauch von Konduktoren, auch wenn sie negative Ladung besitzen, niemals an diesen kleben bleibt, ist leicht zu verstehen, weil es bei der ersten Berührung bis zum nämlichen Potential des Konduktors geladen wird.

Es folgt also, daß der alte Goldfisch-Versuch dazu dienen kann, den Satz zu demonstrieren, daß das Entladungspotential einer negativen Spitze kleiner als dasjenige einer positiven Spitze ist. Man verfährt dann bequem folgendermaßen: Ein Ebonitstab wird mit amalgamiertem Leder gerieben und seine positive Ladung mittels eines elektrischen Pendels oder Elektroskopes gezeigt. Mit dem Stabe wird alsdann der beschriebene Versuch gemacht. Hierauf reibt man, während das Blättchen in der Luft schwebt, den Ebonitstab schnell mit dem Ärmel und nähert ihn dem Blättchen, das jetzt an den Stab fliegt und fest daran haftet. Das Pendel zeigt, daß der Stab nunmehr negativ geladen ist. Auch kann ein langer Flintglasstab benutzt werden, dessen eine Hälfte matt geschliffen ist, und welcher, mit Flanell gerieben, halb positiv, halb negativ elektrisch wird.

Einen anderen Versuch, der mir geeignet scheint, die mehr vollkommene Entladung einer negativen Spitze zu zeigen, beschreibt JANUSZKIEWICZ<sup>1)</sup>. Zwei Metallkugeln (s. Fig.), *A* mit einer Spitze und sehr leicht beweglich, *B* ohne Spitze und fest, sind mit je einem Pole einer Influenzmaschine verbunden. Bei richtig gewähltem Abstand von *A* und *B* wurde, sobald die Maschine in Tätigkeit trat, *A* nach *B* gezogen, falls *A* positiv und *B* negativ war, *A* aber von *B* abgestoßen, falls *A* negativ *B* positiv war. Herr J. schließt hieraus, daß die Reaktion des negativen elektrischen Windes stärker als die des positiven sei, weil „die elektrische Anziehungskraft unverändert bleibt, ob die eine oder die andere Kugel positiv bzw. negativ ist“.



$\frac{1}{6}$  natürl. Größe.

Dieser Versuch muß m. E. anders gedeutet werden. Nach Arrhenius<sup>2)</sup> ist die Reaktion bei gleich starkem negativen Strome geringer. Daß dennoch die Kugel bei negativer Spitzenentladung abgestoßen wird, beweist, daß in diesem Falle die elektrische Anziehungskraft kleiner ist als bei positiver Spitzenentladung. Wir müssen hieraus schließen, daß die negative Spitzenentladung bis zu einem kleineren Potential fortschreitet als die positive.

### Nachweis der Proportionalität zwischen der Stärke eines Stromes und der Stärke seines Magnetfeldes.

Von **J. Dechant** in Wien.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß ein systematischer Physikunterricht den experimentellen Nachweis für die Proportionalität zwischen der Stärke eines elektrischen Stromes und der Stärke des durch ihn erzeugten magnetischen Feldes nicht entbehren kann, sei es, daß von dem durch bloße Abstraktion gewonnenen Gesetz von Biot und Savart oder unmittelbar von der Definition der absoluten elektromagnetischen Stromeinheit ausgegangen wird. Dieser Nachweis erscheint um so notwendiger, als es ja auch eine Wirkung des Stromes gibt, die nicht mit seiner Stärke proportional verläuft, nämlich die Wärmeentwicklung in einem stromdurchflossenen Leiter.

wirkung u. s. w. Phys. Zeitschr. 1904, 14, S. 399, wie auch P. Ewers, Die Spitzenentladung u. s. w. Ann. d. Phys. 1905, 17, S. 581).

<sup>1)</sup> J. R. Januszkiewicz, Phys. Zeitschr. 1905, 18, S. 581.

<sup>2)</sup> S. Arrhenius, Wied. Ann. 1897, 63, S. 305.

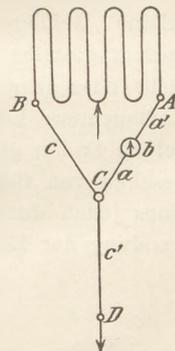
Während meistens die genannte Proportionalität als richtig angenommen wird mit dem Hinweise, daß sie im Einklang mit den daraus sich ergebenden Folgerungen steht, findet sich hie und da<sup>1)</sup> auch ein experimenteller Nachweis dafür, der aber auf einer irrigen Voraussetzung beruht und daher nicht als beweiskräftig angesehen werden kann. Dies ist auch die Veranlassung, daß ich mich hier über diese Frage äußere.

Man glaubt nämlich einen Strom von doppelter Stärke dadurch herstellen zu können, daß man den Strom durch zwei sich deckende, hintereinander geschaltete Drahtkreise schiebt. Dies ist aber irrig; denn wenn beobachtet wird, daß ein solcher Strom die doppelte Kraft auf einen in seinem Mittelpunkt befindlichen Magnetpol ausübt, so ist dadurch nur nachgewiesen, daß der doppelt so lange stromdurchflossene Leiter ein Magnetfeld von der doppelten Stärke erzeugt. Der Unterschied zwischen einem Strom von doppelter Stärke und einem Strom, der durch 2 Windungen hintereinander fließt, tritt sofort hervor, wenn man annimmt, daß die Stärke des Magnetfeldes nicht proportional wäre der Stromstärke, sondern etwa dem Quadrate derselben. Aus der Formel nämlich, welche für diesen Fall die Größe der Ablenkung einer im Mittelpunkte des Stromkreises aufgestellten Magnetnadel angibt,  $\text{tg } \alpha = n \frac{2 \pi i^2}{r H}$ , worin  $n$  die Zahl der Windungen bedeutet, ist ersichtlich, daß ein Strom, der durch 2 Windungen hintereinander fließt, auch jetzt eine Ablenkung  $\alpha_2$  bewirkt, so daß  $\text{tg } \alpha_2 = 2 \text{tg } \alpha_1$  ist, während ein Strom von der doppelten Stärke in einer Windung eine Ablenkung  $\alpha_3$  hervorbringen müßte, so daß  $\text{tg } \alpha_3 = 4 \text{tg } \alpha_1$  wäre.

Um daher Stromstärken von einem bestimmten Verhältnisse herzustellen, wird man zur Stromteilung greifen müssen. Es wird aber nicht notwendig sein, die Gesetze dieses Vorganges schon an dieser Stelle zu erörtern; denn es genügt ja hier die Verzweigung des Stromes in zwei symmetrische Teile, wobei durch jeden Zweig ein Strom von der halben Stärke fließen muß, ein Schluß, der dem Schüler schon von dem Halbieren einer elektrischen Ladung her geläufig ist, was wir ja dadurch bewerkstelligen, daß wir den geladenen Leiter mit einem gleichen ungeladenen in symmetrischer Weise berühren. Schaltet man nun den Stromkreis einmal in den unverzweigten Teil der Leitung, das andere Mal in einen der beiden Zweige, so kann die Proportionalität zwischen magnetischer Feldstärke und Stromstärke einwurfsfrei nachgewiesen werden.

Wenn ich hier noch die von mir verwendete Versuchsanordnung beschreibe, so geschieht dies lediglich, um auf einen kleinen Kunstgriff aufmerksam zu machen, der ein rasches Umschalten des Kreisstromes gestattet.

Als Verzweigungswiderstand benutze ich einen Schulwiderstand von 10 Ohm nach Hartmann und Braun, der auf einem vertikalen Brett sichtbar in mehreren Schleifen aufgespannt ist. (Auch die nebeneinander gespannten Drähte des Poggendorffschen Rheochords könnten hiezu eine anschauliche Verwendung finden.) Zur Wiedervereinigung der Stromzweige ist natürlich der Widerstand des Verbindungskabels  $c$  (s. Fig.) beiläufig gleich zu wählen der Summe der Widerstände der Zuleitungskabel  $a, a'$  und des Stromkreises  $b$ . Ein Kabel  $c'$  von gleichem Widerstande wird nun noch der eigentlichen Ableitung des Stromes vorgeschaltet. Denn will man den Kreisstrom in den unverzweigten Teil einschalten, so braucht man nur das Drahtende  $D$  von  $c'$  mit dem Ende  $A$  von  $a'$  zu vertauschen. Dabei bleiben der Gesamtwiderstand und die Gleichheit der Widerstände der Zweige unverändert.



Als Kreisstrom benutze ich eine Tangenten-Bussole nach G. Quincke (vergl. diese Zeitschr. VI, S. 121), die den Vorteil hat, daß man auf der Glasscheibe, die an

<sup>1)</sup> H. Starke, Experimentelle Elektrizitätslehre, 1904, S. 95. — E. Grimshel, Experimentelle Einführung der elektromagnetischen Einheiten, Sonderheft der Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterricht, Bd. II, Heft 2, 1907, S. 12 u. 13.

ihrem Umfang den kreisförmigen Stromleiter trägt, bequem noch einen Drahtkreis mit dem halben Radius aufkitten kann, um dadurch die nicht minder wichtige Abhängigkeit der Feldstärke vom Radius des Stromkreises zu zeigen.

### Zur oszillatorischen Flaschenentladung.

Von **J. Jung** in Wien.

Bei dem von E. HENSING (*XVIII 159*) angegebenen Verfahren kann die Reihe der Papierdurchbohrungen doch wohl auch von aufeinander folgenden Partialentladungen gleicher Richtung herrühren, aus denen der scheinbar einzige Funken besteht. Daß mit Rücksicht auf den Weg der positiven Ladung benachbarte Löcher entgegengesetzt gebohrt sind, müßte man erst noch etwa durch Ähnliches wie Lichtenbergsche Figuren beweisen, die aber auf dem schnell rotierenden Blatt kaum leicht hervorzurufen wären. Die Zeitdauer für den Gesamtfunken, bestehend aus ca. 20 Schwingungen, erscheint mir im Hinblick auf die stattlich lange Lochreihe selbst bei etwa 40 Umdrehungen in der Sekunde zu groß, als daß jene einer Oszillation zuzuschreiben wäre. Gewißheit über eine solche müßte eine zur Funkenstrecke parallel geschaltete Geißlerröhre geben. Dann kann aber das immerhin etwas unbequeme Rotieren entfallen, und man sieht dem entweder nur eine Röhrenelektrode oder beide gleichzeitig umhüllenden negativen Licht an, ob wirklich Schwingung vorliegt oder nicht. Ich wende daher folgende Schaltung an: Die Rühmkorffpole sind mit je einer Flaschenbelegung verbunden; dem Knopf der Flasche ist eine mit der äußeren Belegung verbundene verschiebbare Kugel entgegengestellt (an der Maßflasche schon vorhanden), und einerseits vom Flaschenknopf, andererseits von dieser Kugel führen Drähte zu je einer Elektrode der (gewöhnlichen) Geißlerröhre. Ist die Funkenstrecke nicht unter einen sehr kleinen Betrag herabgesetzt, so wird bei einmaligem Öffnen des primären Rühmkorffstromes die Röhre nicht an beiden Enden gleich aufleuchten. Bei Unterschreiten jener Grenze aber sieht man gleichzeitig mit dem kleinen Flaschenfunken um beide Röhrenelektroden die blaue negative Hülle, ein Beweis, daß an den Flaschenbelegungen während der einen Entladung die Vorzeichen mehrmals gewechselt haben müssen. Da nur, wie man zeigen kann, der Öffnungsinduktionsstrom auch bei diesem Versuch zur Flaschenaufladung hinreicht und zum Betätigen der Röhre, kann man dann den Unterbrecher dauernd funktionieren lassen behufs bequemen Betrachtens der merkwürdigen Lichterscheinung in der Röhre, die mitunter zwischen den fortleuchtenden Elektroden Lichtminima und -maxima zeigt.

Auch beim Resonanzversuch mit zwei abstimmbaren Leydener Flaschen lege ich eine (kleine) Geißlerröhre in den Nebenschluß zur Funkenstrecke der resonierenden Flasche. Spricht dieselbe infolge ungenügender Abstimmung mittels des verschiebbaren Bügels gar nicht oder sehr schwach an, so zeigt die Röhre höchstens ein sehr schwaches einseitiges Aufleuchten; bei guter Abstimmung aber leuchtet sie beim Funkenspringen hell und an beiden Enden gleichartig auf. Für den Beschauer liegt auch nur in diesem Anblick (abgesehen von theoretischen Gründen) ein zwingender Beweis für die schwingende Natur eines jeden durch Resonanz zustande gekommenen Flaschenfunkens, so daß man die Anwendung der Röhre auch bei diesem Versuch als geradezu notwendig bezeichnen kann.

### Zur Darstellung von Planetenbahnen.

Von **J. Neuberger** in Freiburg i. B.

In ds. Zeitschr. (*XIX 284*) hat Herr VOLKMANN einen Versuch zur Darstellung von Planetenbahnen beschrieben, der auch ohne weiteres gelingt, sofern nur Vor- und Rückläufigkeit in Betracht kommen. Nicht so einfach ist die Schleifenbildung zu erreichen, weil es meiner Erfahrung nach nicht ganz leicht ist, die Pendelbewegung des Lampenarmes auf die Umlaufzeit desselben abzustimmen, da immer wieder Torsionskräfte auftreten, welche

jede Vorausberechnung und Erfahrung illusorisch machen. Dieser Unbequemlichkeit habe ich durch folgende Abänderung zu begegnen gesucht.

Statt den Lampenarm am Faden aufzuhängen, befestige ich ihn auf einer Fahrradnabe *N*, deren Achse auf ein passend hohes Säulenstativ aufgesetzt und um ein Scharniergelenk drehbar ist (Fig. 1). Das durch Druckschraube festzustellende Gelenk erlaubt der Erdbahn jede beliebige unveränderliche Neigung gegen die Planetenbahn (z. B. des Mars) zu geben, und der leichte Gang der Nabe gestattet, in jedem Augenblicke die Bahngeschwindigkeit der Erde so auf die des Planeten abzugleichen, daß auf einem einige Meter entfernten Schirm eine tadellose Schleife herauskommt. Die Drehung der Nabe besorgt man entweder aus gebückter Stellung unmittelbar mit der Hand oder mittels einer mehrere Meter langen Schnur, die zweimal um die Achse geschlungen und an den Enden festgehalten und gespannt wird. So wird die Aussicht der Schüler auf den Apparat in keiner Weise gestört.

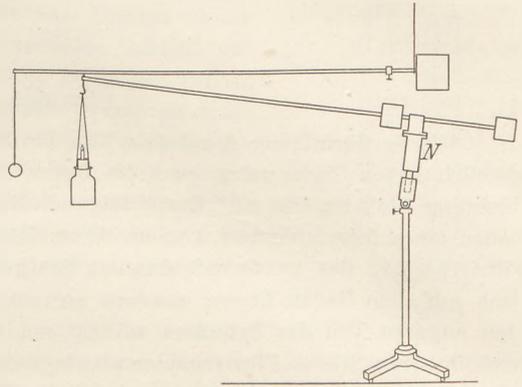


Fig. 1.

Bevor ich die Volkmannsche Versuchsanordnung kennen lernte, hatte ich mir folgende einfachere Vorrichtung zusammengestellt, von der ich freilich nicht angeben kann, ob sie nicht schon irgendwo beschrieben ist. Ich brauche dazu nur einen Halbkreis  $H_1$  (Fig. 2) aus bleistiftstarkem Rundeseisen (Durchmesser 150 cm) mit umgebogenen Enden und 2 etwa 120 cm lange, dünnwandige, ineinander mit geringer Reibung verschiebbare Messingröhren, deren äußere etwa 1 cm stark ist. In der Nähe des den Schülern zugewandten Randes des Experimentiertisches nehme ich z. B. eines der Stöpsellöcher der galvanischen Tisch-

leitung als Sonne *S* und Mittelpunkt eines mit Kreide auf den Tisch gezeichneten Halbkreises  $H_2$  von etwa 55 cm Radius (Erdbahn). Der begrenzende Durchmesser *A* von  $H_2$  soll der Tischkante ungefähr parallel sein. In zwei 75 cm von *S* entfernte Stöpsellöcher werden die passend umgebogenen Enden von  $H_1$  (Marsbahn) so gesteckt, daß die Ebene des letzteren mit der Tischfläche einen

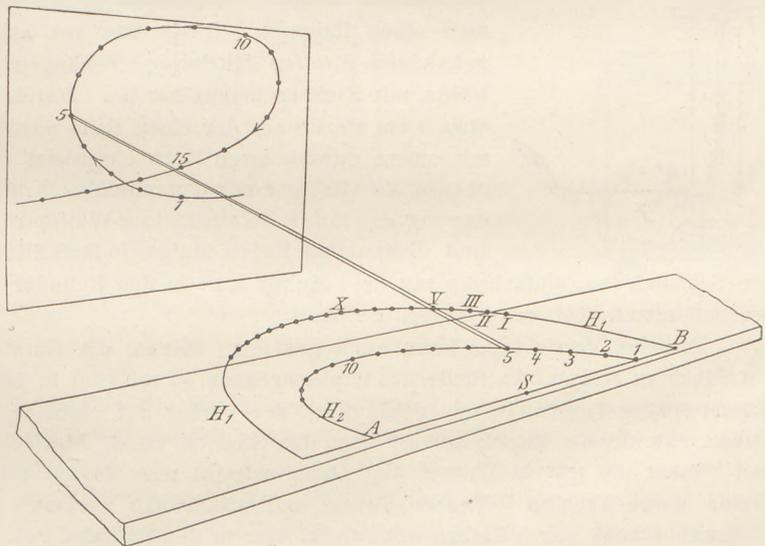


Fig. 2.

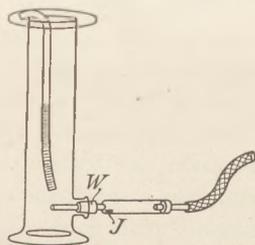
Winkel von etwa  $10^\circ$  bildet. Beide Halbkreise sind von zwei auf dem gemeinsamen Durchmesser beisammenliegenden Grenzpunkten *1* und *B* aus in gleiche Teile geteilt, welche bei  $H_1$  etwa 5 cm, bei  $H_2$  etwa 10 cm lang sind. Die Teilpunkte *I, II, III . . .* auf  $H_1$  stellen die Örter des Mars, die Punkte *1, 2, 3 . . .* auf  $H_2$  die gleichzeitigen Örter der Erde vor. Hält man nun das äußere Messingrohr in die Verbindungsgerade von *1* und *I*, dann von *2* und *II* u. s. w., zieht dabei das innere Rohr so weit heraus, daß das freie Ende auf die

etwa 220 cm entfernte Wandtafel stößt, und läßt die Treffpunkte durch einen Schüler mit Kreide markieren, so erhält man eine Reihe von Punkten der Schleife (z. B. 5, 10, 15 etc.), die vom Planeten beschrieben wird. Durch einmaliges Ausprobieren sind die beiden mit  $1$  und  $I$  bezeichneten Punkte herauszufinden, so daß die Schleife ganz auf die Wandtafel fällt. Wenn die oben angegebenen Maße ungefähr eingehalten werden, so ist als  $I$  derjenige Punkt auf  $H_1$  zu bezeichnen, welcher der im Punkte  $1$  auf  $AB$  in der Marsbahn errichteten Senkrechten am nächsten liegt.

### Für die Praxis.

**Die Verflüchtigung des Jods.** Von Dr. F. Scriba in Darmstadt. Daß Jod trotz seines ziemlich hohen Siedepunkts auch im festen Zustand schon bei Zimmertemperatur ein sehr flüchtiger Stoff ist, läßt sich durch folgende Versuche weithin sichtbar nachweisen. Auf den Boden eines Kropfzylinders von ca 30 cm Höhe bringt man ein zusammengefaltetes Stück Filtrierpapier, das zuvor mit dünnem Stärkekleister befeuchtet worden ist. Es soll nicht flach auf dem Boden liegen, sondern aufrecht stehen, so daß es von weitem zu sehen ist. Den engeren Teil des Zylinders schließt man nach oben durch Auflegen eines passenden kreisförmigen Stücks Filtrierpapier ab, legt darauf einen Jodkristall und bedeckt die obere Öffnung lose mit einer Glasplatte. An Stelle des Kropfzylinders kann auch ein gewöhnlicher Verwendung finden, wenn man die obere Papierscheibe etwas größer schneidet, als dem Querschnitt des Zylinders entspricht, einige Einschnitte in den Rand macht und sie dann etwa 5 cm in die Öffnung des Zylinders hinunterschiebt, wo sie von selbst festgehalten wird. Schon nach einer halben Minute fängt das befeuchtete Papier an, sich durch Bildung von Jodstärke blau zu färben, und wird nach einigen Minuten schwarzblau. Bei dieser Erscheinung kommt offenbar auch das große spezifische Gewicht des Joddampfs in Betracht.

Noch wirksamer, allerdings bei etwas höherer Temperatur, läßt sich dieselbe Eigenschaft des Jods durch folgende Anordnung zeigen. In einen großen, in der Nähe des Bodens mit seitlicher Tubulatur versehenen Zylinder (s. Fig.) läßt man einen längeren, durch eine lose aufgelegte Glasplatte festgehaltenen Streifen Filtrierpapier hängen, der in seiner unteren Hälfte mit Kleister befeuchtet ist. Durch die Tubulatur ist eine etwa 1 cm starke auf der einen Seite passend verjüngte Glasröhre mit einem durchbohrten Kork eingesetzt, auf deren äußerer Seite ebenso ein Glasrohr mit Gummischlauch angefügt ist. In die Verengung des Rohrs ist ein kleiner Wattepfropf  $W$  lose eingeschoben, und dicht davor liegen einige Jodkriställchen. Sobald man durch den Schlauch (am einfachsten mit dem Mund) Luft in den Zylinder bläst, färbt sich sofort der befeuchtete Teil des Streifens tiefblau.



Dieselbe Vorrichtung kann auch gut dazu dienen, die Einwirkung von Joddämpfen auf Silber zu zeigen. An Stelle des Papierstreifens bringt man in den Zylinder einen dünnen Kupferstreifen (sogen. Schablonenkupfer), der vorher auf einfache Art schwach versilbert wurde. Zu diesem Zweck reinigt man den Streifen durch Abwischen mit konz. Salzsäure und wäscht ihn gut in Wasser ab. Dann zerreibt man darauf mit einem Bausch Filtrierpapier einige Tropfen Höllesteinlösung und wäscht ihn nochmals mit Wasser ab, poliert nötigenfalls noch durch Reiben mit Papier. Der in den Zylinder geblasene Joddampf bewirkt sofort durch Bildung von  $AgJ$  ein Anlaufen des Silbers in Regenbogenfarben und später eine gelbliche Färbung. Hier ist an die Herstellung der ersten photographischen Platten durch Daguerre zu erinnern, die auf eine ähnliche Art, nur durch Anwendung höherer Temperatur erfolgte.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Akustische Vorlesungsversuche. I.** Von F. F. MARTENS. 1. Optische Untersuchung von Stimmgabelschwingungen. Man pflegt Stimmgabelschwingungen dadurch sichtbar zu machen, daß man an der äußeren Fläche des oberen Endes einer Zinke einen Spiegel (3 in Fig. 1) befestigt. Die vom Spiegel reflektierten Lichtstrahlen treffen entweder einen rotierenden Spiegel, der den in ein Band ausgezogenen Lichtfleck in eine Sinuslinie auflöst, oder einen zweiten kleinen Spiegel, der in gleicher Weise an einer zweiten zur ersten senkrechten Stimmgabel befestigt ist und die Lissajousfiguren erzeugt. Zweckmäßiger ist es nun, den Spiegel nicht am oberen Ende, sondern etwa in der Mitte der Stimmgabelzinke anzubringen, weil dadurch die Stimmgabel viel weniger beeinflusst wird, während die Drehungen des Spiegels fast unverändert bleiben.

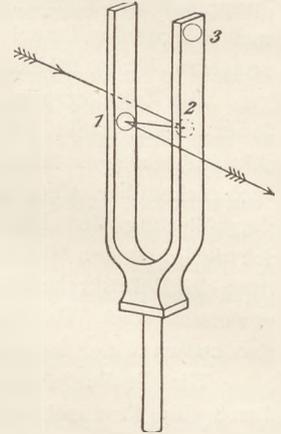


Fig. 1.

Auch kann man dem Lichtstrahl leicht die doppelte Drehung erteilen, indem man zwei Spiegel (1 und 2) an den inneren Flächen der Stimmgabelzinken anbringt. Diese Anordnung hat noch den Vorzug, daß eine Drehung der ganzen Stimmgabel — wie sie beim Anschlagen oder Anstreichen sich nicht ganz vermeiden läßt — ohne störenden Einfluß ist.

2. Fortpflanzung des Schalles in einer Röhrenleitung. Unter dem Podium auf dem Fußboden des Hörsaals (in der Handelshochschule zu Berlin) befindet sich eine TÖPLERSche Schalleitung  $L$  (Fig. 2), die aus Eisenrohren von 26 mm innerem Durchmesser besteht. Die 106,9 m lange Leitung hat ihre beiden Mündungen an den Seiten des Projektionsapparates  $P$  und

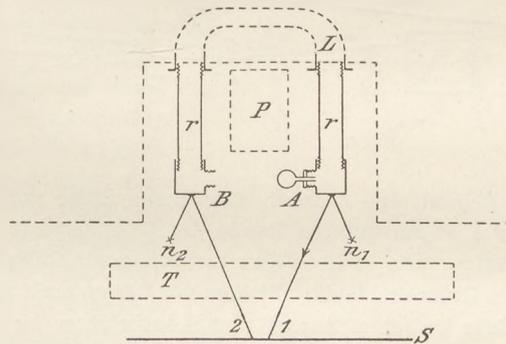


Fig. 2.

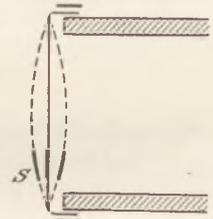


Fig. 3.

kann durch zwei eingeschraubte Rohre  $r$  von je 2,42 m auf die Gesamtlänge  $l = 111,7$  m gebracht werden. Auf die freien Enden sind T-Stücke geschraubt. Die in der Verlängerung von  $r$  liegenden Öffnungen der T-Stücke sind mit Gummimembranen überspannt, von denen jede an ihrem unteren Rande

einen kleinen Hohlspiegel trägt<sup>1)</sup>. Die Hohlspiegel entwerfen von den Nernstfäden  $n_1$  und  $n_2$  zwei reelle Bilder 1 und 2 auf dem Projektionsschirm  $S$ . Die Öffnung  $A$  des einen T-Stückes trägt einen Gummiball.

Ist die Öffnung  $B$  des anderen T-Stückes offen, so geschieht bei plötzlichem Druck auf den Ball folgendes: Die Membran bei  $A$  baucht sich aus (s. Fig. 3), der Spiegel wird nach unten geneigt, infolgedessen auch das Bild 1 des Nernstfadens. Ist  $c$  die Geschwindigkeit der erzeugten Verdichtungswelle, so kommt diese nach der Zeit  $l/c$  bei  $B$  an; die hier befindliche Membran bleibt in Ruhe, weil sich der Innendruck, wegen der Nähe der freien

<sup>1)</sup> Wie der Herr Verf. selbst der Redaktion mitteilt, sind Spiegelchen in solcher Weise zuerst von Herrn O. Fröhlich an Telephonmembranen angebracht worden. (E.T.Z. 1887, 210, vgl. d. Zeitschr. I, 122.)

Öffnung  $B$ , nicht merklich ändert. An  $B$  wird die Verdichtungswelle als Verdünnungswelle reflektiert, diese kommt nach der Zeit  $2l/c$  in  $A$  an, zieht die Membran ins Rohr hinein und treibt den Lichtpunkt 1 in die Höhe. Nach der Zeit  $3l/c$  ist die Verdünnungswelle bei  $B$ , nach  $4l/c$  ist wieder eine Verdichtungswelle bei  $A$ ; so kann man etwa zehn Ausschläge von 1 zu den Zeiten  $0, 2l/c, 4l/c$  usw. beobachten.

Ist die Öffnung  $B$  dagegen verschlossen, so ist die Erscheinung folgende: Wird der Gummiball bei  $A$  gedrückt, so geht 1 nach unten, nach  $l/c$  Sekunden geht 2 nach unten, nach  $3l/c$  wieder 1 nach unten usw. Zählt man die Ausschläge beider Spiegel, so kann man etwa bis 22 zählen.

Die Zeitintervalle werden dadurch bestimmt, daß ein Metronom auf die Schwingungsdauer  $l/c$  eingestellt wird. Sodann wird die Schwingungsdauer des Metronoms mit einer Sekundenuhr gemessen. Die Zeit von ungefähr sieben Sekunden, in der die Schwingungen noch erkennbar sind, ist von der Länge der Schalleitung unabhängig, wächst aber bei Vergrößerung des Rohrdurchmessers. Da die genaue Messung dieser Zeit die einzige Schwierigkeit der Methode bildet, wird die Genauigkeit des Resultats durch eine Vergrößerung des Rohrdurchmessers gesteigert, während durch Verlängerung der Schalleitung nichts gewonnen wird. Das Resultat ist, korrigiert auf trockene Luft von  $0^\circ$ , etwa  $296 \text{ m/sec}$ , liegt also zwischen der isothermen und der adiabatischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Um die Fortpflanzung eines Schalles zu demonstrieren, wird der Gummiball bei  $A$  durch eine Trommel ersetzt; das eine Trommelfell ist entfernt, durch einen Blechtrichter wird der Hohlkörper der Trommel mit der seitlichen Öffnung des T-Stückes verbunden.

3. Schallschwingungen in Luft. Ein enges Diaphragma  $D$  (Fig. 4) ist nahe dem

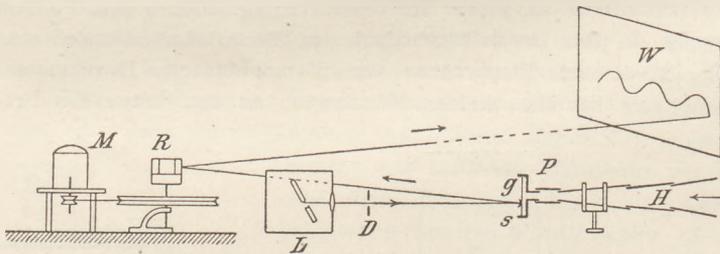


Fig. 4.

Brennpunkte eines kleinen Hohlspiegels  $s$  aufgestellt, der nach Reflexion der Lichtstrahlen an dem drehbaren Spiegel  $R$  ein scharfes Bild des Diaphragmas auf der entfernten weißen Wand  $W$  entwirft. Damit dies Bild möglichst hell ist, wird der obere heiße

positive Krater einer Bogenlampe  $L$  durch eine kleine Linse auf  $s$  abgebildet.

Der Hohlspiegel  $s$  ist am unteren Rande der Glimmerplatte  $g$  einer käuflichen Phonographenkapsel  $P$  befestigt. Die in der Figur rechtsliegende Öffnung der Phonographenkapsel ist durch einen kurzen Gummischlauch mit dem der Länge nach veränderlichen Schalltrichter  $H$  verbunden. Das Rohr zwischen Kapsel und Schalltrichter ist in der Horizontalebene um  $90^\circ$  umgebogen, so daß der in den Schalltrichter Hineinsprechende den auf der Wand entstehenden Wellenzug beobachten kann.

Der Spiegel  $R$  kann durch den Motor  $M$  in Rotation versetzt werden. Die große Schnurscheibe am Spiegel hat  $132$ , die kleine am Motor  $24,2 \text{ mm}$  Radius, so daß (abgesehen von Schlüpfung) die Umdrehungszahl des Spiegels sich zu der des Motors verhält wie  $1$  zu  $5,45$ . Der Motor ist ein vierpoliger Wechselstrom-Synchronmotor, der Wechselstrom wird einer  $5 \text{ KW}$ -Drehstrommaschine entnommen, die mit einem  $8,5 \text{ PS}$ -Gleichstrommotor gekuppelt ist. Letzterer wird durch eine große Akkumulatorenbatterie getrieben und kann vom Hörsaal aus auf verschiedene konstante Umdrehungszahlen gebracht werden. Dadurch ist es möglich, die Umdrehungszahl des Spiegels  $R$  zu variieren und viel konstanter zu halten, als es bei Regulierung eines kleinen Nebenschlußmotors durch Widerstände möglich wäre.

Dringt eine periodische Schallwelle in den Schalltrichter ein, so wird die Glimmerplatte periodisch ausgebaucht, wobei der Lichtpunkt an der Wand auf und nieder schwingt. Wird  $R$  in Rotation versetzt, so sieht man die Wellenlinie, welche den Innendruck an der

Glimmerplatte als Funktion der Zeit darstellt. Bei den Versuchen war  $R$  aus 8 Spiegeln von gleichem Winkelabstand zusammengesetzt; die Umdrehungszahl  $n$  mußte so reguliert sein, daß jeder einzelne Spiegel den Wellenzug an derselben Stelle abbildete.

Einige Demonstrationen gelingen auch recht gut, wenn man einfach die schwere, mit  $R$  verbundene Scheibe mit der Hand in schnelle Drehung versetzt; beim Abklingen der Drehung steht die beobachtete Erscheinung mehrmals still.

Man kann auf diese Weise die charakteristischen Schwingungsformen der Vokale demonstrieren, ferner die Schwingungen von Zungen- und Lippenpfeifen, die Wellen beim Anblasen von Resonatoren und dergl.; auch den gedämpften Wellenzug beim Anschlagen einer Glocke und das Geräusch beim Anschlagen einer Schweinsblase, die über eine Trommel gespannt ist. Damit der Wellenzug an der Wand ein getreues Bild der erregenden Schallwelle darstellt, muß die Glimmerplatte eine recht hohe Schwingungszahl im Vergleich zur Schallwelle haben und merklich gedämpft sein. Die benutzte Glimmerplatte resonierte auf den Ton  $N=4000$  einer Galtonpfeife. (Bei derselben Schwingungszahl scheint das Trommelfell des menschlichen Ohres in Resonanz zu geraten, denn der Ton 4000 rief sehr lebhaft Schmerzempfindung im Ohr hervor, was bei etwas höheren und tieferen Tönen nicht der Fall war.)

Man kann den rotierenden Spiegel auch durch eine mit photographischem Film gespannte Trommel ersetzen oder die Phonographenkapsel  $P$  selbst um eine vertikale Achse rotieren lassen. Auch läßt sich die Methode dadurch empfindlicher machen, daß man den Membranspiegel die Lichtstrahlen zweimal reflektieren läßt.

(Ber. der D. Physikal. Ges. V, Heft 7, 1907.)

**Akustische Vorlesungsversuche. II.** Von F. HANDKE und F. F. MARTENS. 1. Demonstration der stehenden Wellen in einer Pfeife. Vorteilhafter als die Benutzung der KÖNIGSchen Flammenkapseln ist die in Fig. 1 dargestellte Methode. Der Pfeifenkörper, gemessen vom Labium  $L$  bis zur freien Öffnung  $M$ , ist bei  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{2}{4}$ ,  $\frac{3}{4}$  seiner Länge durchbohrt. In die Durchbohrungen sind kleine Glastrichter eingesetzt und mit Klebwachs abgedichtet. Über die Trichtermündungen sind Membranen aus Goldschlägerhaut gespannt, die seitlich je einen kleinen Hohlspiegel tragen. Die Hohlspiegel entwerfen von dem Nernstfaden  $n$  drei reelle Bilder  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  etwa auf der Wand des Hörsaales. Bei schwachem Anblasen der Pfeife (am besten durch komprimierte Luft aus einer Bombe) und Ertönen des Grundtones erscheint  $n_2$  in ein ziemlich langes weißes Band ausgezogen,  $n_1$  und  $n_3$  in weniger lange. Bei stärkerem Anblasen ertönt der erste harmonische Oberton, die Oktave;  $n_2$  steht still, während  $n_1$  und  $n_3$  in lange weiße Bänder ausgezogen sind.

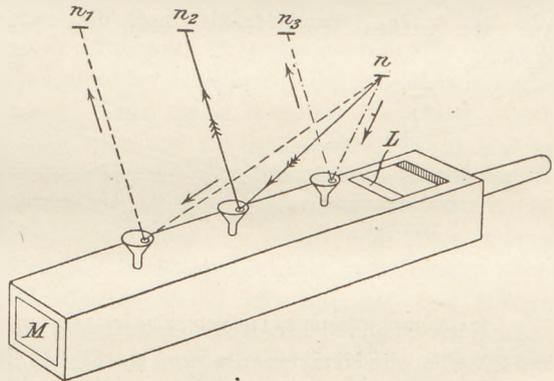


Fig. 1.

2. Das QUINCKESche Interferenzrohr mit zwei Schallwegen. Das gleichzeitige Ausziehen zweier paralleler Auszüge von ziemlich großem Abstand ist stets schwierig, weil die Auszüge die Neigung haben, in den Führungsröhren zu „ecken“. Dieser Fehler der gebräuchlichen Form des QUINCKESchen Interferenzrohres ist bei der in Fig. 2 gezeichneten Anordnung vermieden.

Das bewegliche Rohr mit der Mündung  $H$  hat in allen Stellungen eine sichere Führung und läßt sich daher leicht verschieben. Ist die Schallquelle — etwa eine Stimmgabel von 512 Schwingungen mit der Wellenlänge 64 cm — bei  $S$  aufgestellt, so kann man die beiden bei  $H$  wieder vereinigten Schallwellen durch einen Gummischlauch dem Ohre

zuführen. In der gezeichneten Stellung von  $H$  hört man ein Maximum. Verschiebt man das bewegliche Rohr mit der Mündung  $H$  um 16 cm nach links, so ist die Wegdifferenz der rechts und links herumgelaufenen Welle  $\frac{1}{2} \lambda$ , man hört ein Minimum; bei einer Verschiebung um 16 cm nach rechts hört man ebenfalls ein Minimum. Man kann so den Abstand zweier Minima messen, Wellenlänge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit berechnen. (Wegen einer zweiten abgeänderten Anordnung sei auf die Originalmitteilung verwiesen.)

Zur demonstrativen Messung der Wellenlänge in einem Auditorium ist die Methode des Abhörens der Minima nicht geeignet, weil die Zuhörer den Schall der erregenden Schallquelle zu laut hören. Die Verfasser wenden folgendes Verfahren an. Die Schallquelle — eine Stimmgabel 512 — wird vor die Öffnung  $S$  des Interferenzrohres (Fig. 2) gestellt.

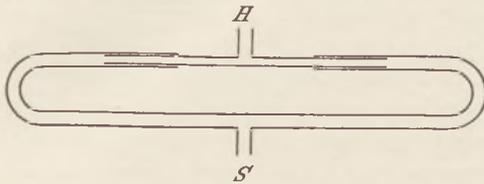


Fig. 2.

Die andere Öffnung  $H$  wird durch eine Gummimembran verschlossen, die an ihrem unteren Rande einen kleinen Spiegel trägt und so gespannt ist, daß sie auf den Ton der erregenden Schallquelle resoniert. Der Spiegel entwirft das Bild eines Nernstfadens auf einem weißen Schirm. Schwingt die Membran mit dem Spiegel, so wird das Bild des Nernstfadens in ein

langes breites Band ausgezogen. Man kann dann sehr scharf auf geringste Länge des Lichtbandes bei  $\pm \frac{1}{2} \lambda$  Differenz der beiden Schallwege einstellen.

Empfindlicher dürften die beiden folgenden Methoden sein, bei denen die beiden Schallwellen nicht wieder vereinigt werden.

Die Schallwellen 1 und 2, denen man auf die in Fig. 2 dargestellte Weise eine beliebige Wegdifferenz erteilen kann, treffen (in Fig. 3 von oben gesehen) zwei Membranen  $m_1$  und  $m_2$ ;  $m_1$  trägt seitlich einen kleinen Hohlspiegel,  $m_2$  am unteren Rande einen kleinen Planspiegel. Das beleuchtete Diaphragma  $D$  wird nach Reflexion des Lichtes an den beiden Spiegeln auf einem entfernten weißen Schirm abgebildet. Auf der weißen Wand erhält man die bekannten Lissajous-Figuren.

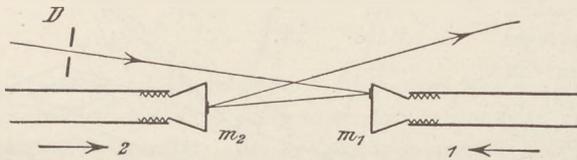


Fig. 3.

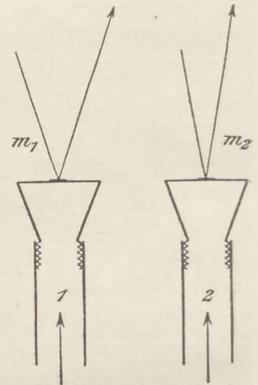


Fig. 4.

Noch empfindlicher, freilich schwieriger, erscheint folgende Methode. Die Schallwellen 1 und 2 treffen die Membranen  $m_1$  und  $m_2$  (Fig. 4). Die beiden Spiegel entwerfen nach Reflexion der Lichtstrahlen an einem drehbaren Spiegel zwei Bilder eines Diaphragmas auf derselben Stelle einer entfernten weißen Wand. Schwingen die Membranen und damit die Spiegel, so sieht man die Lichtpunkte in eine gerade Linie ausgezogen. Dreht man nun den drehbaren Spiegel, so sieht man zwei Wellenzüge, deren Wegdifferenz gleich 0,  $\frac{1}{2}$ , 1 usw.  $\lambda$  gemacht oder direkt gemessen werden kann. (*Ber. der D. Phys. Gesellsch. V, Heft 7, 1907.*)

**Der Foucaultsche Pendelversuch.** Von G. BLUM (*C. R. CXLIV 364; 1907*). Die gewöhnliche Anordnung des Pendelversuchs läßt die Abhängigkeit der Pendelbewegung von der geographischen Breite nicht genügend erkennen. Um auch diese beobachten zu können, befestigt der Verf. ein kleines Pendel auf einer Kugel so, daß es in verschiedenen Breiten oszillieren kann. Die Kugel hat einen Durchmesser von 22 cm und ist um eine vertikale Achse drehbar. Sie trägt längs eines Halbmeridians einen Schlitz von 6 cm Breite, in dem eine bewegliche Platte, die das Pendel trägt, mittels einer Schraube verschoben werden kann.

Das Pendel, das aus einer dünnen Holzstange von 6 cm Länge und einer Holzkugel von 6 mm Durchmesser besteht, wird oben durch einen Faden, unten durch eine radial gestellte Spiralfeder in einer zur Kugel normalen Richtung festgehalten. Ist das Pendel aus seiner Ruhelage entfernt worden, so oszilliert es in einer kreisförmigen Öffnung der Platte. Ein um diese Öffnung drehbares Stahlhäkchen, welches das Pendelgewicht faßt, dient dazu, um dieses in einem bestimmten Azimut festzuhalten. Durch eine besondere Vorrichtung kann das Pendel von dem Häkchen abgelöst und in Schwingung versetzt werden. Läßt man es schwingen, wenn die Kugel in Ruhe ist, so sieht man, daß die Oszillationsebene unverändert bleibt, in welcher Breite sich das Pendel auch befindet, und unter welchem Azimut seine Schwingungen erfolgen. Dreht sich aber gleichzeitig die Kugel, so beobachtet man folgendes. 1. Befindet sich das Pendel am Nordpol, so bleibt seine Schwingungsebene im Raume fest; in bezug auf die Kugel dreht sie sich in umgekehrter Richtung und mit derselben Geschwindigkeit wie jene. 2. Befindet sich das Pendel auf einem andern Punkt der nördlichen Breite, so dreht sich seine Schwingungsebene in bezug auf die Kugel mit einer geringeren Geschwindigkeit als diese. Der Drehungswinkel der Ebene verhält sich zu dem der Kugel wie der Sinus der geographischen Breite; durch Schätzung mit dem Auge läßt sich dieses Gesetz bestätigen. 3. Ist das Pendel am Äquator, so wird die Geschwindigkeit der Schwingungsebene Null, und das Pendel dreht sich in bezug auf die Kugel nicht mehr, wie groß auch deren Geschwindigkeit sein mag. 4. In südlichen Breiten dreht sich die Schwingungsebene von neuem, aber im umgekehrten Sinne wie auf der nördlichen Halbkugel. — Diese Umkehrung kann man in sehr einfacher Weise auch schon so zeigen, daß man eine Stange, an der ein langes Pendel hängt, in der Hand hält und sich dabei auf den Absätzen umdreht. Die Stange beschreibt dann im Raum einen Kegel, dessen Achse vertikal ist; die Schwingungsebene des Pendels verschiebt sich dabei ähnlich wie vorhin, indem die Abweichungen eine verschiedene Richtung haben, je nachdem die Stange und das Pendel nach dem Boden oder nach dem Himmel hin gerichtet sind.

*Schk.*

#### **Demonstrationsversuch betreffend die Ionisierung von Luft durch glühende Körper.**

Von W. BIEGON VON CZUDNOCHOWSKI—(*Verhandl. der D. Physikal. Gesellsch.* 9, 147 + 149; 1907). Durch folgende äußerst einfache, im Prinzip von BENJAMIN FRANKLIN herrührende Versuchsanordnung lassen sich die wichtigsten Phänomene der Ionisierung durch glühende Körper geradezu in einem „Freihandversuche“ zeigen. Eine kleine metallene Teekanne — oder Ähnliches — ohne scharfe Kanten und Spitzen wird auf ein isolierendes Glas gesetzt und so aufgestellt, daß eine an einem langen Seidenfaden von der Zimmerdecke herabhängende Kork- oder Holundermarkkugel eben gerade den Metallkörper seitlich berührt; mittelst eines kleinen Elektrophors kann man dann letzteren — die Kanne — positiv oder negativ derart laden, daß die Korkkugel sich auf 10–12 cm Abstand einstellt. Als ionisierender Körper diente ein kleiner kupferner LötKolben, in üblicher Weise mit Eisenstiel und Holzgriff versehen; war der Kolben kalt, so erfolgte durch seine Annäherung weder bei positiver noch bei negativer Ladung eine Entladung; war er rotglühend, so bewirkte er nur bei negativer Ladung der Kanne, dann aber auf 12 bis 14 cm Abstand, rasche, fast völlige Entladung; war der Kolben weißglühend, so fand ebenso kräftige Entladung nur bei positiver Ladung der Kanne statt. Es entspricht dies dem, daß die Ionenaussendung mit der Temperatur wächst, und zwar die der negativen Ionen weit rascher als die der positiven, so daß bei Rotglühhitze die letzteren, beim Weißglühen die negativen Ionen überwiegen. Stellt man vor der Anordnung einen transparenten Schirm, dahinter eine Lichtquelle auf, so werden die Vorgänge an dem so erhaltenen vergrößerten Schattenbilde noch deutlicher sichtbar.

*B. v. Cz.*

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Becquerelstrahlen und Radioaktivität.** Die Konstanz der Verhältnisse zwischen den Mengen von Uran und Radium, die sich in den natürlichen Mineralien finden, ist als Beweis für das enge Verwandtschaftsverhältnis dieser Elemente angesehen worden (d. Zeitschr. XVIII 296). Wie B. B. BOLTWOOD ausführt und durch Versuche bestätigt findet, ist dabei das Aktinium als ein Zwischenprodukt zwischen Uran und Radium anzusehen (*Phys. Zeitschr.* 1906, S. 915). Es gelang ihm, aus dem 20% Uran enthaltenden Carnotiterz durch besondere chemische Reaktionen Aktinium, aus diesem aber wieder Radiumemanation herzustellen.

Versuche, die SODDY und MACKENZIE über die Umwandlung von Uran in Radium anstellten (*Phil. Mag.*, Vol. 14, S. 272; 1907), ergaben, daß 250 g Uran in der Form von Uranyl-nitrat, das anfangs  $2,3 \cdot 10^{-11}$  g Radium enthielt, in 600 Tagen nicht um mehr als  $10^{-11}$  g Radium zunahm. Der Betrag des gebildeten Radiums wäre hiernach nicht größer als von der Ordnung eines Zehntausendstels des zersetzten Urans. Die Bildung von Aktinium konnte bei diesen Versuchen nicht festgestellt werden.

Die schon früher von verschiedenen Forschern behauptete Radioaktivität des Bleis konnten ELSTER und GEITEL bestätigen (*Phys. Zeitschr.* 1906, S. 841). Es gelang ihnen, aus gewöhnlichem Blei radioaktive Substanzen abzuscheiden. Die Aktivität ist sehr gering, nicht andauernd und besteht nur aus  $\alpha$ -Strahlung; Bedecken des Präparats mit Schreibpapier genügt, um die Wirkung auf das Elektroskop aufzuheben. Die Eigenschaften stimmen mit denen des Radiums F (Polonium) überein. Ob dieses selbst oder ein anderer aktiver Stoff im Blei enthalten ist, war nicht festzustellen.

Die Absorption der  $\beta$ -Strahlen durch verschiedene Substanzen erfolgt nach dem Exponentialgesetz  $J = J_0 \cdot e^{-\lambda d}$ , wo  $J$  die Intensität der Strahlung nach Durchsetzung einer Schicht von der Dicke  $d$ ,  $J_0$  die ursprüngliche Intensität,  $\lambda$  den Absorptionskoeffizienten der Substanz bedeutet. Über den Zusammenhang von  $\lambda$  mit der Dichte  $\rho$  des absorbierenden Mediums hat J. A. CROWTHER im Laboratorium von J. J. THOMSON neue Untersuchungen angestellt und das Verhältnis  $\lambda/\rho$  bei 31 Elementen bestimmt (*Phil. Mag.* 12, 379; 1906). Als Quelle der  $\beta$ -Strahlung diente Uranoxyd, das sehr durchdringende und homogene Strahlen aussendet. Die Strahlen passierten eine 0,1 mm dicke Aluminiumschicht, welche die  $\alpha$ -Strahlen zurückhielt, und ionisierten die Luft zwischen zwei 4,2 cm voneinander abstehenden Platten, von denen die eine mit einer Batterie, die andere mit einem Elektroskop verbunden war. Das letztere maß die Größe der Ionisierung sowohl mit als ohne eingeschaltete absorbierende Schicht. Die in dieser Weise bestimmten Werte von  $\lambda/\rho$  wurden als Funktion des Atomgewichts der betreffenden Elemente dargestellt. Die erhaltenen Kurven sind überaus ähnlich den bekannten Kurven, die das Atomvolumen als Funktion des Atomgewichts darstellen. Es geht daraus hervor, daß das Verhältnis  $\lambda/\rho$ , das die Absorption pro Korpuskel mißt, eine periodische Funktion des Atomgewichts ist; die Perioden entsprechen durchaus denen der chemischen Klassifikation. Außerdem zeigt  $\lambda/\rho$  auch eine Zunahme mit der Zunahme des Atomgewichts. Allotrope Modifikationen des Kohlenstoffs und des Schwefels ergaben in bezug auf die Absorption der  $\beta$ -Strahlen keinen Unterschied. Ebenso gaben chemische Verbindungen die Werte von  $\lambda/\rho$ , die aus ihren Bestandteilen berechnet werden konnten; die Absorption der Korpuskeln eines Elements wird also nicht verändert, wenn das Element in eine chemische Verbindung übergeführt wird.

Eine weitere Untersuchung der Geschwindigkeit und Energie der  $\alpha$ -Teilchen durch RUTHERFORD (*Phil. Mag.* 13, 110; 1907) führte zu folgenden Ergebnissen. Die Anfangsgeschwindigkeiten der von den Produkten der Radioelemente ausgestoßenen  $\alpha$ -Teilchen liegen alle zwischen  $1,56 \cdot 10^9$  und  $2,25 \cdot 10^9$  cm/Sek.; die größte übertrifft nur 1,44mal die kleinste Geschwindigkeit. Von allen Produkten haben die  $\alpha$ -Teilchen des Thoriums C die größte, die des Urans und Radiums die kleinste Geschwindigkeit. Die durchschnittliche Geschwindigkeit und Energie der  $\alpha$ -Teilchen der Aktinium- und Thorium-Familie sind

nahezu dieselben; sie sind aber größer als die entsprechenden Werte der Radium-Familie. Die totale, durch die aufeinander folgenden Zersetzungen eines Radiumatoms freiwerdende Energie ist kleiner als der entsprechende Wert des Thoriumatoms, aber größer als beim Aktinium. Im allgemeinen nimmt die Anfangsgeschwindigkeit der  $\alpha$ -Teilchen für jede radioaktive Familie in dem Maße zu, als ihre Umwandlungszeit abnimmt. Ordnet man z. B. die Produkte der Radium-Familie nach der Geschwindigkeit der  $\alpha$ -Teilchen, so erhält man die Reihe: Uran — Radium — Radium F — Emanation — Radium A — (Radium C); die entsprechenden Umwandlungszeiten sind  $10^9$  Jahre — 1300 Jahre — 140 Tage — 3,8 Tage — 3 Min. — (19 Min.), wo nur Radium C nicht ganz in die Reihe paßt, was aber durch ein strahlenfreies Zwischenprodukt erklärt werden kann. Eine ähnliche Reihe bilden die Produkte der Thorium-Familie. Da die Umwandlungszeit eines Produktes als ein umgekehrtes Maß für die Beständigkeit des betreffenden Atoms betrachtet werden kann, so würde aus dem vorigen hervorgehen, daß die Anfangsgeschwindigkeit der  $\alpha$ -Teilchen von der Beständigkeit der Atome abhängt und am kleinsten ist für das stabilste Atom.

Die kinetische Energie der  $\alpha$ -Teilchen ist  $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \frac{m v^2}{e} \cdot e$  ( $e$  = Ladung); da  $\frac{m v^2}{e}$  direkt aus den bekannten Werten von  $v$  und  $e/m$  bestimmt werden kann, so läßt

sich die kinetische Energie in  $e$  ausdrücken. RUTHERFORD fand, daß die Energie der infolge der sukzessiven Umwandlungen eines Atoms ausgesandten  $\alpha$ -Teilchen für Radium =  $12,5 \cdot 10^{14} e$  Erg, für Thorium  $17,7 \cdot 10^{14} e$ , für Aktinium  $14,0 \cdot 10^{14} e$  Erg ist. Da die Wärmewirkung des Radiums größtenteils ein Maß für die kinetische Energie der ausgesandten  $\alpha$ -Teilchen ist, so wird man dieses auch für die andern Stoffe annehmen müssen. Aus Messungen der relativen Aktivität von Thorium und Uran im Vergleich zu Radium ist zu schließen, daß die Wärmeemission per Gramm Radium etwa zwei Millionen mal so groß ist als der entsprechende Wert für Uran und Thorium.

Die Strahlungsenergie des Radiums wurde von J. PRECHT mit dem Eiskalorimeter bestimmt (*Ann. der Physik* 21, 595; 1906). Zur Untersuchung diente reines Radiumbromid von Buchler & Co. in Braunschweig, das vollkommen getrocknet und in einem Glasröhrchen 6 Monate lang aufbewahrt gewesen war. Verglichen wurde die Wärmemenge, welche das Radium allein ergibt, mit der beim Einschließen des Radiums in Bleimäntel verschiedener Dicke entwickelten Wärme. Es ergab sich, daß ohne Bleiumhüllung 1 g Radium pro Stunde 122,2 Kalorien entwickelte; bei einer Bleidicke von 0,94 mm waren es 126,9, bei einer Bleidicke von 2,9 mm 134,4 Kalorien. Erhöhung der Bleidicke bis zu 4,45 mm ergab keine Zunahme der Wärmeenergie. Die vom Radium entwickelte Wärme war also durch Einschließen der Substanz in einen Bleimantel von 2,9 mm Wandstärke um fast genau 10 Proz. gestiegen. Von der Gesamtstrahlung des Radiums wurden durch Absorption im Blei 12,2 Kalorien pro g und Stunde in Wärme verwandelt. Man kann diese Ergebnisse zur scharfen Trennung der  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen benutzen, indem man dazu die Bleidicke nimmt, bis zu der noch ein Ansteigen der Wärmeabsorption beobachtet wird.

In den Uranbergwerken von Joachimsthal in Böhmen wurden von H. W. SCHMIDT mit einem transportablen Blattelektrometer Zerstreungsmessungen ausgeführt (*Phys. Zeitschr.* 1907, S. 1). Die „natürliche Zerstreung“ des Apparats, wenn derselbe ringsum metallisch eingeschlossen war, betrug in Dresden 0,45 Millivolt/Sek., 100 m vom Eingang der „Westlichen Grube“ schon 56, in 302 m Tiefe 114, im „Roten Gang“ 208 Millivolt/Sek. Diese durch eine 1 bis 2 mm starke Metallwand gehende Wirkung konnte nur auf Rechnung von  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen zu schieben sein. Wurde im „Roten Gang“ die Grubenluft direkt in das Zerstreungsgefäß eingeblasen, so stieg die Zerstreung von 208 auf 1900 Millivolt/Sek.; ein Sidotblendeschirm, frei in der Luft gehalten, szintillierte und fluoreszierte. Als nach Verlassen des Bergwerks der Zerstreungsapparat gelüftet und geputzt worden war, hatte er doch noch nach 4 Stunden eine starke induzierte Aktivität, die eine Zerstreung von 3,0 Millivolt/Sek. veranlaßte und die Abklingungszeit der Radiuminduktion zeigte. Weiterhin

wurde der Emanationsgehalt von Grubenluft und Grubenwasser in zwei Bergwerken bestimmt. Die Grubenluft wurde mit Wasser durchgeschüttelt. Der Emanationsgehalt der Luft wirkte so draußen fast ebenso stark zerstreugend wie bei dem vorigen Verfahren in der Grube. Das Wasser aus dem „Roten Gang“ hatte einen viel stärkeren Emanationsgehalt als die Luft und ergab eine Zerstreuerung von 7000 Millivolt pro Sek. Kleine, in die Grube gebrachte Aluminiumblechstücke waren in 1 Stunde stark radioaktiv geworden.

Die atmosphärischen Niederschläge, mochten sie Schnee oder Regen sein, fanden G. COSTANZO und C. NEGRO in frisch gefallenem Zustande stets radioaktiv. Die Radioaktivität dieses Niederschlags verschwand aber nach kurzer Zeit (nach ungefähr zwei Stunden) fast vollständig. In den Gewitterniederschlägen war die Radioaktivität merklich stärker (*Phys. Zeitschr.* 1906, S. 350 und 921).

Die tägliche Schwankung der Menge radioaktiver Emanation in der Atmosphäre wurde von P. H. DIKE durch die von einem konstanten Luftstrom auf einem negativ geladenen Drahtnetz erzeugte induzierte Aktivität bestimmt (*Naturw. Rdsch.* 1907, S. 183). Die Kurven, in denen die Aktivität als Ordinaten und die Tagesstunden als Abszissen aufgetragen sind, zeigten ein Minimum um etwa 6 Uhr nachmittags, nachdem die Kurve schnell zu einem Maximum um 1 Uhr nachts anstieg; diesem folgte ein leichtes Sinken und dann ein zweites, dem ersten fast gleiches Maximum um 4 Uhr früh. Dann sank der Wert schnell und war am Nachmittag unregelmäßig, aber stets niedrig und sinkend. An ruhigen, klaren Tagen und bei Süd- und Westwind war mehr Emanation vorhanden als an wolkigen und windigen Tagen und bei Nord- oder Ostwind. Einige Stunden nach einem Regen war die Emanation sehr gering, bei einem Nebel dagegen sehr hoch.

Die Ionisierung der atmosphärischen Luft über dem Ozean wurde von S. EVE auf einer Überfahrt von Montreal nach Liverpool vom 21. bis 30. Juni 1906 untersucht (*Phil. Mag.* 13, 248; 1907). Das Wetter war gut, der Himmel stets klar. Die Ionisierung zeigte sich von gleicher Größe in Europa und in Nord-Amerika. Die im Seewasser enthaltene Radiummenge ist sehr gering; sie ist nur  $\frac{1}{500}$  bis  $\frac{1}{2000}$  des Betrages, den STRUTT an verschiedenen sedimentären und plutonischen Gesteinen bestimmte. Proben von Seewasser aus der Mitte des Ozeans ergaben, daß 1 Gramm Seewasser etwa  $5 \cdot 10^{-16}$  Gramm Radium enthält. Die von dieser geringen Menge entwickelte Emanation würde für die Größe der beobachteten Ionisierung nicht ausreichen. Man ist daher genötigt, anzunehmen, daß vom Lande her Emanation durch den Wind über das Meer getrieben wird. Der Betrag der Ionisierung ist allerdings noch größer, als bei dieser Ursache angenommen werden sollte; doch ist möglicherweise die Zahl der wiedervereinigten Ionen über See geringer als über Land.

Die spontane Ionisierung der Luft und anderer Gase in geschlossenen Gefäßen unterzogen A. WOOD und N. R. CAMPBELL einer erneuten Untersuchung (*Phil. Mag.* 13, 265; 1907). Die Ionisierung nahm nach erfolgtem Einschluß des Gases eine beträchtliche Zeit hindurch zu; die Zunahme war verhältnismäßig groß in Gefäßen von Blei und Zinn, sehr gering in solchen von Zink. Über diese Variation der Ionisierung lagerte sich eine zweite periodische Variation, die innerhalb 24 Stunden 2 Maxima und 2 Minima hatte. Die diese periodische Variation darstellenden Kurven stimmen in den Hauptzügen mit den Kurven der atmosphärischen Potentialschwankungen überein.

Schk.

**Erzeugung von Lithium aus Kupfer durch Einwirkung von Radiumemanation.** Eine Aufsehen erregende Mitteilung veröffentlicht Sir WILLIAM RAMSAY in einem Brief an die *Zeitschr. Nature* 76, 268; 1907 (übersetzt in der *Physikal. Zeitschr.* 1907, Nr. 16 vom 15. August). Daß die spontane Umwandlung von Radiumemanation Helium liefert, haben Ramsay und Soddy 1903 entdeckt, und eine Reihe von Forschern hat es bestätigt. Ramsay fand nun, daß, wenn Radiumemanation in Kontakt mit Wasser bleibt oder darin gelöst ist, sie sich in ein inaktives Gas umwandelt, das hauptsächlich aus Neon (neben einer Spur von Helium) besteht. Nimmt man

statt Wasser eine gesättigte Kupfersulfatlösung, so entsteht kein Helium, sondern als Hauptprodukt der Umwandlung Argon. Fällt man aus der benutzten Kupferlösung das Kupfer auf übliche Weise heraus, so zeigt das eingedampfte Filtrat die Spektren von Na und Ca, daneben sehr schwach, aber deutlich die rote Lithiumlinie. Diese Beobachtung wurde viermal, teils mit Kupfersulfat, teils mit Kupfernitrat, unter allen erdenklichen Vorsichtsmaßregeln gemacht. Ein entsprechender Versuch mit Kupfernitrat, bei dem bloß der Kontakt mit Radiumemanation wegfiel, ergab keine Spur von Lithium; andererseits trat bei der Behandlung von Bleinitrat oder Wasser mit der Emanation keine Spur von Lithium auf.

Der Verfasser denkt sich, daß die relativ ungeheure Energiemenge, die die Emanation bei ihrer Umwandlung abgibt, auf das Kupfer die Wirkung ausüben könnte, daß dieses zu dem ersten Element der betreffenden Gruppe des periodischen Systems, zu Lithium, „degradiert“ wird. Ist die Emanation allein vorhanden oder nur in Berührung mit Wasserstoff und Sauerstoff, so wird ein Teil der Emanation durch die Energie, die der andere Teil abgibt, in das niederste Element der Gruppe verwandelt, der die Emanation selbst angehört, nämlich in Helium. Bei Gegenwart von Wasser spaltet sich aus der Emanation auf ähnliche Weise das Neon, bei Gegenwart von Kupfersulfat das Argon ab.

Ob auch K und Na durch die Wirkung der Emanation gebildet werden, hat sich noch nicht entscheiden lassen, da diese Elemente in den Glaswänden des Gefäßes enthalten sind.

P.

**Neue Reaktion zum Nachweis von Feuchtigkeitsspuren.** Von W. BILTZ (*Ber. d. D. chem. Ges.* 40, Nr. 9. S. 2182). Das nahezu farblose Kaliumbleijodid zerfällt nach Schreinemaker (*Ztschr. f. ph. Ch.* 9, 57; 10, 467) in Berührung mit Wasser zum Teil unter Abscheidung von Bleijodid, wobei ein sehr deutlicher Farbenumschlag in Gelb erfolgt. Auf diese Reaktion gründet W. BILTZ eine sehr scharfe Probe auf Wasserdampf oder gelöstes Wasser, da er fand, daß das Kaliumbleijodid in Aceton leicht löslich ist und beim Ausfällen durch Äther oder besser beim Verdunsten der Lösung auf Filtrierpapier in innig verfilzten Nadelchen sich abscheidet, die gegen die geringste Wassermenge empfindlich sind. Eine filtrierte warme Lösung von 4 g Bleinitrat in 15 ccm Wasser wird mit einer warmen Lösung von 15 g Kaliumjodid in 15 ccm Wasser vermischt; der zuerst auftretende gelbe Niederschlag von Bleijodid verschwindet wieder, und man erhält die Doppelverbindung als einen Brei der gekennzeichneten Nadelchen. Das Präparat wird scharf abgesaugt, in 15 bis 20 ccm Aceton zu einer gelben Flüssigkeit gelöst und filtriert. Man kann das Reagens entweder als Lösung verwenden, oder man fällt es mit dem doppelten Volumen Äther, wobei ein fast weißer amorpher Niederschlag entsteht, den man mit Äther wäscht und im Vakuumexsikkator trocknet. Das Salz färbt sich beim Aufbewahren schwach gelb.

Zu den Versuchen diente eine 20proz. Lösung in Aceton. Gießt man einige Tropfen davon auf Fließpapier, so erscheint dies nach dem Verdunsten zuerst nahezu farblos, wird aber bald, beim Anhauchen augenblicklich, tiefgelb. Befeuchtet man das gelb gewordene Reagenzpapier mit Aceton, so entsteht die ursprüngliche Lösung wieder, und man kann den Versuch wiederholen. Die Empfindlichkeit der Probe wies der Verfasser dadurch nach, daß er ein mit der Lösung getränktes, vorher bei 100 bis 110° von Wasser befreites Filter einem Luftstrom aussetzte, der mit 78proz. Schwefelsäure getrocknet war: es zeigte sich kräftige Gelbfärbung; die dieser Schwefelsäure und einer Außentemperatur von 18° entsprechende Wasserdampftension von 0,3 mm ist also deutlich nachweisbar. Ähnlich kann man prüfen, ob organische Flüssigkeiten Wasser enthalten. Ein getrocknetes Filter wird in einem getrockneten, verschlossenen und mit Tropftrichter versehenen Erlenmeyerkolben durch Eintropfen der Lösung getränkt und in einem durch konzentrierte Schwefelsäure gewaschenen Luftstrom von Aceton befreit; auf das so vorbereitete Reagenzpapier läßt man die zu prüfende Lösung durch einen zweiten im Stopfen des Kolbens angebrachten Tropftrichter einfließen. Äther, der 8 Tage lang über Natriumdraht gestanden hatte, erwies sich bei der Probe als

indifferent; gewöhnlicher Äther färbt das Papier fast augenblicklich intensiv gelb. Absoluter Alkohol, der bei entwässertem Kupfersulfat nach 1 Stunde keine Umfärbung hervorrief, färbte das Reagens sofort stark gelb; ebenso Alkohol, der 4 Stunden über Kalk gekocht und destilliert war.

Zur Prüfung von Flüssigkeiten läßt sich bequemer, aber vielleicht nicht ganz so exakt, auch das ausgefällte feste Salz verwenden. Das schwach hellgelbe Pulver wird beim Schütteln mit absolutem Alkohol sofort tiefgelb. Läßt man aber den Alkohol einige Zeit mit dem Pulver in Berührung und filtriert dann schnell in einen Kolben, der mit dem Reagenzpulver beschickt ist, so bleibt die Reaktion aus oder wird außerordentlich viel schwächer. Möglichenfalls kann man daher dieses Salz gelegentlich auch zur Herstellung völlig wasserfreier Flüssigkeiten verwenden.

O.

### 3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

**Antike Lichttheorien.** Von ARTHUR ERICH HAAS (*Archiv für Geschichte der Philosophie*, Bd. 20, 1907, Heft 3.) Aus dem weiten Bereich der antiken Optik hat sich der Verfasser die Erörterung der Grundfrage ausgesucht, „auf welche Weise das Einwirken des sichtbaren Gegenstandes auf das Auge zu erklären sei“. Er schränkt seine Untersuchung dann insofern noch ein, als er im wesentlichen die Ansichten vorträgt, die über die Vorgänge in dem Zwischenraum zwischen Gegenstand und Auge ausgesprochen wurden, während er die Rolle des Auges beim Sehakt nur nach Bedürfnis heranzieht.

Die weiterstreute Literatur hat der Verfasser sorgfältig und vollständig zusammengebracht. Schon darin liegt ein beträchtliches Verdienst der Arbeit, die nennenswerte Vorläufer nicht aufzuweisen hat. Es werden dann die verschiedenen Theorien in sieben Gruppen zusammengefaßt, die sich auf den geschichtlichen Zeitraum von den Anfängen der griechischen Spekulation bis auf Plotin verteilen. Die einfachste, mythisch auf Pythagoras selbst zurückgeführte, aber von den geometrischen Optikern bevorzugte Anschauung ist die der Sehstrahlen. Es gehen danach vom Auge selbst Strahlen aus, die die Objekte sozusagen abtasten. Der Sehakt kommt hier ohne jede Beihülfe von außen zustande. Dieser Theorie steht die entgegengesetzte Annahme gegenüber, daß sich von den Gegenständen Bilder ablösen, die, ohne daß ein Medium in Betracht käme, in unser Auge gelangen. Es ist dies die von den älteren Atomikern vorbereitete, sogen. Epikureische Bildertheorie. Die ältere Theorie Demokrits ist feiner als die seines Nachfahren Epikur. Nach ihr gelangen die Abbilder nicht selbst in das Auge, sondern nur Abdrücke, die sich in der Luft erzeugen, wobei allerdings zu beachten ist, daß die Luft dabei nicht als notwendiges Medium, sondern als Hindernis angesehen wird. Wurde bisher Auge oder Gegenstand einseitig bevorzugt, so versucht Plato in seiner später sogenannten Lehre von der „Synaegie“ dem Auge wie dem Gegenstand zu seinem Recht zu verhelfen. Dem Auge entstrahlt inneres Licht, aber, damit ein Sehakt eintrete, bedarf es des „verwandten“ Lichts von außen. Durch die Vereinigung dieser beiden Strahlen entsteht das Bild. Einen weiteren Fortschritt bedeutet die Theorie des Aristoteles, der Objekt, Medium und Auge richtig trennt und danach dann die einzelnen Beobachtungen bezüglich des Sehakts im Rahmen seiner Philosophie zu erklären versucht. Damit ist der Höhepunkt in der Antike erreicht. Erwähnt werden noch die stoische Theorie und die plotinische der unvermittelten Fernwirkung. Daß bei den Stoikern gelegentlich von Luftwellen die Rede ist, vermögen wir nicht mit HAAS als eine Annäherung an den heutigen Standpunkt aufzufassen. Die plotinische Auffassung ist rein spekulativ und physikalisch ohne Interesse.

Es wäre sehr erfreulich, wenn der Verfasser seine eingehenden und präzisen Untersuchungen bis auf Newton und Huygens ausdehnen, besonders aber Kepler, Galilei und ihre Vorläufer hineinziehen wollte. Man sähe dann vor Augen, wie der Faden, in dunkler Vorzeit angespannen, sich fortsetzt bis zu den heutigen Anschauungen. Eine solche Dar-

stellung würde für den Historiker der Physik von erheblicher Bedeutung sein. Andererseits wäre auch eine eingehende Untersuchung der aufgestellten Theorien in ihrem Zusammenhang mit der philosophischen Betrachtung eine recht dankenswerte Aufgabe. Die Entwicklung des antiken Denkens kann nur im Zusammenhang mit den allgemeinsten Sätzen verstanden werden. Lange nicht genug aber ist für das Verständnis dieser Aufstellungen die naturwissenschaftliche Seite herangezogen. Jedenfalls wäre zu wünschen, daß die Ausbeute aus dem reichen Material des Verfassers nicht auf die vorliegende Abhandlung beschränkt bliebe.

Berlin.

Ernst Goldbeck.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Der Lehrplan der bayrischen Oberrealschulen.** Am 1. September 1907 sind in Bayern neunklassige Oberrealschulen eröffnet worden, deren Lehrplan im „Ministerialblatt für Kirchen- und Schulanangelegenheiten im Königreich Bayern“ Nr. 21 vom 27. Juni 1907 veröffentlicht ist. Wir entnehmen ihm zunächst die folgende Übersicht über die Verteilung des Unterrichtsstoffes.

Lehrgegenstände	Klasse									Gesamt-Stunden-zahl
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Pflichtfächer:										
Religion . . . . .	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
Deutsch . . . . .	5	5	4	4	3	3	3	3	3	33
Französisch . . . . .	6	6	5	3	3	3	4	4	3	37
Englisch . . . . .	—	—	—	—	5	5	3	3	3	19
Geschichte . . . . .	—	—	2	2	2	2	2	2	3	15
Erdkunde . . . . .	2	2	2	2	1	1	1	1	—	12
Rechnen . . . . .	4	4	3	1	—	—	—	—	—	12
Mathematik . . . . .	—	—	2	4	5	5	5	5	5	31
Naturbeschreibung . . . . .	2	2	2	2	1	1	1	1	1	13
Physik . . . . .	—	—	—	3	3	3	3	3	3	18
Chemie . . . . .	—	—	—	—	2	2	3	3	3	13
Zeichnen . . . . .	3	4	4	4	2	2	2	2	3	26
Schreiben . . . . .	2	1	—	—	—	—	—	—	—	3
Turnen . . . . .	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18
Summe	28	28	28	29	31	31	31	31	31	268
Wahlfächer:										
Singen und Instrumentalmusik .	2	2	2	1	1	1	1	1	1	12
Stenographie . . . . .	—	—	—	2	1	1	—	—	—	4
Technisches Zeichnen . . . . .	—	—	—	—	2	2	—	—	—	4
Gesamtsumme	30	30	30	32	35	35	32	32	32	288

Speziell für die **Physik** werden die folgenden Anweisungen gegeben.

*Lehrziel:* Der physikalische Unterricht soll zunächst die Fähigkeit ausbilden, zuverlässige Beobachtungen von Naturvorgängen anzustellen und in vergleichenden Zusammenhang zu bringen. Auf solcher Grundlage soll der Unterricht eine klare Einsicht und sichere Kenntnis der wichtigsten physikalischen Vorgänge und der sie beherrschenden Gesetzmäßigkeiten vermitteln. Die selbständige Beobachtung unter Aufsicht des Lehrers wird den Schüler zur Geduld, Sorgfalt und Ehrlichkeit erziehen helfen, zugleich die Gewandtheit im praktischen Arbeiten fördern.

Mit der VI. Klasse soll ein gewisser Abschluß insofern erreicht werden, als der Schüler mit allen Gebieten physikalischer Tatsachen bekannt geworden ist. In der VII. bis IX. Klasse sind auch jene Begriffe und Sätze zu behandeln, deren Verständnis ein größeres Maß von mathematischer Einsicht zur Voraussetzung hat. Andererseits wird auf die Anwendungen der Physik, die in unserer Kultur von umfassender Wichtigkeit geworden sind, hinzuweisen sein. Endlich soll auf dieser Stufe der Zusammenhang zwischen den einzelnen Gebieten der Physik zur Geltung kommen.

Der Unterricht soll soweit als irgend möglich an die in der Natur sich abspielenden Vorgänge anknüpfen und von den auf Grund von Experimenten gewonnenen Erfahrungen ausgehen. Daher soll der demonstrative und theoretische Unterricht in einer innigen Verbindung mit Schülerübungen stehen. Diese Übungen sollen auf der Unterstufe den Schüler zu einem klaren Erfassen der physikalischen Begriffe führen und zum physikalischen Denken anleiten. Die Anfangsübungen sind durchweg als gemeinsame Übungen der Klasse auszugestalten, in denen der Lehrer den Fortschritt der Experimente überwacht und regelt und die Übungen in gemeinsamer Besprechung durch Frage und Erläuterung ihrem Ziele entgegenführt. Später ist durch Einzelarbeit eine größere Selbständigkeit allmählich anzustreben. Hier soll der Schüler die Methoden der physikalischen Forschung und die Grenzen der exakten experimentellen Arbeit an einigen Beispielen verstehen lernen. Wo es ungewungenen möglich ist, wird es sich empfehlen, die Entwicklung der physikalischen Begriffe an die historisch vorgezeichnete anzuschließen.

Im gesamten Unterricht kommt es nicht so sehr darauf an, daß eine große Menge von Lehrstoff zur Vermehrung der Einzelkenntnisse durchgenommen werde; ebensowenig dient die Vorführung zahlreicher und glänzender Versuche, die nur äußerlich erfaßt werden, dem Ziele des Unterrichts. Dieses verlangt vielmehr durchweg eine denkende Bearbeitung und geistige Durchdringung des sorgfältig, sparsam und methodisch ausgewählten Stoffes.

#### A. Unterstufe. Klasse IV—VI.<sup>1)</sup>

*IV. Klasse* (3 Wochenstd.). Beobachtungstatsachen und Ordnungselemente der Wärmelehre (Temperatur und Wärmemenge): Der Siedepunkt des Thermometers\*. Verdampfen und Kondensieren von Wasser. Ausdehnung der Körper durch die Wärme (feste Körper, Flüssigkeiten, Gase). Der Schmelzpunkt\*. Spezifische Wärme\*. Verbrennungswärme. Flamme\*. Flammengase. — Elemente der Mechanik der Ruhe (Länge, Kraft, Arbeit): Messung von Längen, Flächen und Körperinhalten\*. Die Federwaage zur Einführung des Kraftbegriffes\*. Das spezifische Gewicht\*. Parallelogramm der Kräfte\*. Schiefe Ebene. Keil. Stabiles, labiles und indifferentes Gleichgewicht. Der Hebel\*. Die Waage. Die feste und bewegliche Rolle\*. Drehmoment. Arbeitsbegriff. Goldene Regel der Mechanik. — Elemente der Zeitmessung: Das Fadenpendel, Einfluß der Amplitude, der Länge und des Materials\*. — Kräftegleichgewicht in Flüssigkeiten und Gasen. Elastizität: Die Druckfortpflanzung in Flüssigkeiten und Gasen. Der Druckbegriff. Bodendruck. Kommunizierende Röhren\*. Kapillarität\*. Das Barometer. Luftfeuchtigkeit. Mariottesches Gesetz\*. Luftpumpe. Elastizität fester Körper. Torsionskraft. — Entstehung des Schalles: Lochsirene. Saite. Tonhöhe.

*V. Klasse* (3 Wochenstd.). Elektrostatik: Reibungselektrizität, Elektrisiermaschine. Das Coulombsche Gesetz. Das Odstreilsche Pendel. Das Elektroskop\*. Elektrische Spannung. Potential. Influenz. Elektrophor\*. — Magnetismus: Kompaß. Coulombsches Gesetz. Magnetische Waage\*. Kraftlinien. Erdfeld\*. — Galvanismus: Galvanisches Element. Strömende Elektrizität, ihre Äußerung im Voltmeter (Elektrolyse, Galvanoplastik), durch ihr Magnetfeld (elektrische Klingel, Torsionsgalvanometer), durch die Joulesche Wärme (Glühlampe)\*. Das Ampere als Stromstärke (mit Voltmeter definiert). Das Ohm als elek-

<sup>1)</sup> In der folgenden Verteilung des Lehrstoffes sind diejenigen Gebiete, in denen Schülerübungen angezeigt erscheinen, durch Sternchen bezeichnet.

trischer Widerstand (mit Quecksilbersäule definiert). Ohmsches Gesetz. Das Volt. Substitutionsmethode\*. Das Watt. Thermoelektrizität\*.

*VI. Klasse* (3 Wochenstd.). Elektromagnetische Induktion: Telephon. Mikrophon. Der Elektromotor (im Anschluß an Repetition). — Geometrische Optik: Geradlinige Ausbreitung des Lichtes. Photometrie\*. Spiegelung an ebenen Flächen und Hohlspiegeln. Das Brechungsgesetz\*. Das Spektrum. Sammel- und Zerstreuungslinsen\*. Das Auge. Fernrohr\*. Opernglas. Mikroskop\*. — Physikalische Vorgänge als Energieumwandlungen betrachtet: Das Licht als Energieform: Überleitung zum Satz von der Erhaltung der Energie. Licht- und Wärmestrahlen\*. Verdampfungs- und Schmelzwärme als Beispiele „verborgener“ Arbeitsvorgänge. Satz von der Erhaltung der Energie. Der freie Fall und senkrechte Wurf. Das Pendel.

#### B. Oberstufe. Klasse VII—IX.

*VII. Klasse* (3 Wochenstd.). Exaktere Messungen. Die physikalischen Maßbegriffe und gebräuchlichen Maßeinheiten: Die chemische Wage\*. Genaue Bestimmung des spezifischen Gewichts nach verschiedenen Methoden\*. — Das Gasthermometer. Wärmeäquivalent.  $c_p$  und  $c_v$  für Gase. Adiabatische Veränderung eines Gases\*. Gasverflüssigung. Messung der Schmelz- und Verdampfungswärme\*. Luftfeuchtigkeit\*. Kritische Temperatur. — Messung eines magnetischen Kraftfeldes durch Schwingungen (Gaußsche Methode)\*<sup>1)</sup>. Definition der elektromotorischen Kraft durch Induktion im cm-gr-sec-Maß. Definition der Stromstärke mit Tangentenbussole\*. Das Watt. Ohmsches Gesetz\*. Kirchhoffsches Gesetz\*. Wheatstonesche Brücke\*.

*VIII. Klasse* (3 Wochenstd.). Gesetze und Anwendungen der elektrostatischen und elektromagnetischen Induktion: Elektrostatische Induktion. Die Influenzmaschine. Dielektrizitätskonstante. Kapazität\*. Gesetze der elektromagnetischen Induktion. Das Induktorium. Gasentladungen. Dynamomaschine. Wechselstrom. Selbstinduktion. Elektromotor. — Wellenlehre und Akustik: Allgemeines aus der Wellenlehre. Dopplers Prinzip. Longitudinal- und Transversalschwingungen. Resonanz\*. Kundtsche Röhre\*. Pfeifen. Die Tonleiter. Das Sprech- und Gehörorgan. Interferenzerscheinungen des Schalles. — Physikalische Optik: Wellentheorie des Lichtes. Huyghens Prinzip. Brechungsgesetz theoretisch erklärt. Interferenz- und Beugungerscheinungen\*.

*IX. Klasse* (3 Wochenstd.). Zusammenhang zwischen Licht und Elektrizität: Polarisation des Lichtes an Glasplatten. Hertzsche Versuche. Prinzip der drahtlosen Telegraphie. Übersicht über die sämtlichen Strahlungsvorgänge der Physik. — Mechanik der Bewegung: Geschwindigkeit. Versuch mit fallender Platte als Schülerversuch\*. Beschleunigung\*. Die Newtonschen Gesetze. Freier Fall. Wurf\*. Der Massenbegriff als abgeleiteter Begriff. Gr.-Gewicht und Dyn. Anwendungen des Satzes vom Parallelogramm der Kräfte. Gleichförmige Bewegung auf einem Kreis. Das Pendel. Schwingungen von Magneten. Gravitationsgesetz. Die Keplerschen Gesetze. — Der Energiesatz als Hauptresultat zusammenfassender Betrachtung. Die Hypothese als Mittel der Forschung.

Bemerkenswert ist an diesem Lehrplan, daß die Physik mit je 3 Wochenstunden durch 6 Klassen durchgeführt ist. In diese Zeit sind allerdings auch die Schülerübungen mit eingeschlossen. Zum ersten Mal an deutschen Lehranstalten sind diese Übungen verbindlich und zugleich organisch mit dem Unterricht verbunden, ja vielmehr in diesen verwebt. Damit hat die Sache der Schülerübungen, für die seit Jahren gekämpft worden ist, einen mächtigen Schritt nach vorwärts getan, der im übrigen Deutschland zur Nachfolge anspornen wird. Der Entwurf zu dem Physiklehrplan rührt von Prof. K. T. Fischer

<sup>1)</sup> Da mit Rücksicht auf den mathematischen Lehrplan die Dynamik erst in der IX. Klasse exakt behandelt werden kann, genügt es hier, 1 Dyn. als 1/980.6 Gr.-Gewicht für 45° geogr. Breite, d. i. angenähert das Gewicht eines Milligrammstückchens, als Krafteinheit einzuführen.

her und wird von diesem in der Bayr. Zeitschr. für Realschulwesen näher erläutert. Wir kommen darauf demnächst noch ausführlicher zurück.

Die Lehrvorschriften für **Chemie** und **Mineralogie** sind folgende:

*Lehrziel:* Der Unterricht hat zur aufmerksamen Naturbeobachtung anzuleiten und das Verständnis chemischer Vorgänge zu vermitteln. Der Lehrer muß daher an Erscheinungen, welche dem Gesichtskreis der Schüler nahe liegen, oder an einfache und übersichtliche Versuche anknüpfen. Die erforderlichen begrifflichen Erläuterungen und theoretischen Erörterungen sind an passender Stelle einzuschalten. Das reine Gedächtnismaterial ist auf das Nötigste zu beschränken. Es sind daher neben den häufigsten Elementen stets nur ihre wichtigsten Verbindungen zu behandeln.

Der systematische Unterricht in der Chemie beginnt in der V. Klasse. Jedoch kann, den örtlichen Bedürfnissen entsprechend, schon in der IV. Klasse ein Teil der für die beschreibenden Naturwissenschaften vorgesehenen Zeit zur Einführung in die Grundbegriffe der Chemie verwendet werden. In der V. und VI. Klasse handelt es sich vor allem um Einführung in das Verständnis chemischer Vorgänge.

Auf der Oberstufe ist die gewonnene Einsicht nach der theoretischen Richtung zu vertiefen. Durch vergleichende Betrachtung ist in der anorganischen Chemie unter anderm ein Überblick über die gemeinsamen Eigenschaften der unter sich ähnlichen Elemente zu gewinnen; in der organischen Chemie ist der genetische Zusammenhang der Verbindungen zu betonen.

Die gemeinsame Arbeit von Lehrer und Schülern soll außer durch den demonstrativen und theoretischen Unterricht von Anfang an durch Schülerübungen betätigt werden. In diesen soll im möglichsten Anschluß an den Unterricht durch geeignet ausgewählte Versuche die Kenntnis der Eigenschaften und des Verhaltens der wichtigsten Elemente und Verbindungen sowie das Verständnis chemischer Vorgänge durch eigene Arbeiten des Schülers gefördert und befestigt werden. Ferner sollen die Schüler auf der Oberstufe einige Fertigkeit in der Ausführung chemischer Operationen sich aneignen und einfache qualitative Analysen ausführen lernen. Auch können Mineralien untersucht werden.

Der Lehrer hat auf wohldurchdachte und exakte Ausführung der Arbeiten sowie auf Sauberkeit und Ordnung besondere Rücksicht zu nehmen.

Die nachstehend innerhalb der einzelnen Klassen eingehaltene Reihenfolge ist nicht bindend für den Gang des Unterrichts.

#### A. Unterstufe. Klasse V und VI.

*V. Klasse* (2 Wochenstd.). Metalloide: Einführung in die Grundbegriffe und Grundgesetze. Konstanz der Zusammensetzung der chemischen Verbindungen. Gesetz von Boyle und Gay-Lussac. Avogadro'sche Hypothese. Molekül und Atom. Molekular- und Atomgewicht. — Wasserstoff. Halogene. Sauerstoff. Stickstoff. Wertigkeit. Säuren. Basen. Salze. — Grundbegriffe der Mineralogie mit Kristallographie. Die einschlägigen Mineralien werden bei der Besprechung der betreffenden Elemente und Verbindungen behandelt.

*VI. Klasse.* Abschluß der Metalloide: Schwefel. Phosphor. Arsen. Antimon. Wismut. Kohlenstoff. Silicium. Bor. Trockene Destillation. Einiges aus der Thermochemie. — Fortsetzung der Mineralogie.

#### B. Oberstufe. Klasse VII—IX.

*VII. Klasse* ( $1\frac{1}{2}$ —2 Wochenstd.). Metalle: Leichtmetalle. Zink. Kadmium. Quecksilber. Silber. (Prinzip der Photographie.) Kupfer. Gold. Zinn. Blei. Elektrolyse. Hinweis auf elektrolytische Dissoziation. Osmotischer Druck. Kurze Besprechung der Bestimmung des Molekulargewichts gelöster Stoffe. Einzelne stöchiometrische Übungen. — Fortsetzung der Mineralogie.

Praktische Übungen ( $1$ — $1\frac{1}{2}$  Wochenstd.): Im Anschluß an den Unterricht einzelne

instruktive Versuche. Hauptreaktionen der im Unterricht besprochenen Metalle unter Zugrundelegung geeigneter Verbindungen als Übungsbeispiele. (Siehe außerdem Schlußabsatz.)

VIII. Klasse (1—1½ Wochenstd.). Wintersemester: Abschluß der Metalle: Eisen. Mangan. Nickel. Kobalt. Chrom. Platin. Periodisches System. Zusammenfassender Überblick über die behandelten Elemente. Einzelne stöchiometrische Übungen. Entsprechende Weiterführung der Mineralogie. — Sommersemester: Organische Chemie: Allgemeines über organische Verbindungen (mit Hinweis auf Elementaranalyse und auf Ermittlung der Molekulargröße). — Einteilung der organischen Verbindungen. Methanderivate: Kohlenwasserstoffe (Petroleum, Paraffin). Wichtige Halogensubstitutionsprodukte. Alkohole. Aldehyde. Ketone. Fettsäuren. Ölsäure. Äther. Ester. Glycerin. Nitroglycerin. Fette Seifen. Mehrbasische Säuren. (Oxalsäure. Bernsteinsäure.) Milch-, Apfel- und Weinsäure. — Grundzüge der Gesteinslehre.

Praktische Übungen (1—1½ Wochenstd.): Im Anschluß an den Unterricht instruktive Versuche. Hauptreaktionen der besprochenen Metalle unter Zugrundelegung geeigneter Verbindungen als Übungsbeispiele. (Siehe außerdem Schlußabsatz.)

IX. Klasse (1 Wochenstd.). Organische Chemie (Fortsetzung): Kohlehydrate. Cyanverbindungen. Harnstoff. Benzolderivate: Kohlenwasserstoffe. Sulfosäuren. Nitro-, Amido-, Diazo- und Azoverbindungen, Phenole. Hinweis auf die wichtigsten aromatischen Alkohole, Aldehyde und Säuren. Einiges über künstliche und natürliche Farbstoffe. (Alizarin. Indigo. Cochenille. Farbhölzer. Färberei.) Alkaloide. Ätherische Öle und Harze (kurz). Eiweißstoffe. Triphenylmethan- und Azofarbstoffe. — Überblick über das Gesamtgebiet der Chemie sowie der Mineralogie und Gesteinslehre.

In den einzelnen Klassen ist bei der Behandlung der wichtigsten Stoffe ihre Technologie kurz zu berücksichtigen. Der Besuch einzelner am Schulorte oder in dessen Umgebung befindlicher chemischer Industriebetriebe wird zum Verständnis der Ausführung chemisch-technischer Prozesse im großen beitragen und einen Einblick in die wirtschaftliche Bedeutung derselben gewähren.

Praktische Übungen (2 Wochenstd.): Fortsetzung in der Ausführung geeigneter Versuche.

In den drei oberen Klassen sind entsprechende Beispiele zur Ausführung des systematischen Ganges der qualitativen Analyse einfacher Verbindungen zu geben. Ferner können jeweils einfache Präparate hergestellt werden. —

Die Vorschriften für **Biologie** und **Geologie** endlich schließen sich eng an die Meraner Lehrpläne der Unterrichtskommission deutscher Naturforscher und Ärzte an, bis auf den allerdings schwerwiegenden Unterschied, daß zur Erledigung des Pensums der drei oberen Klassen nur je eine Wochenstunde angesetzt ist. P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Elektrische Fernphotographie.** Von A. KORN (*Phys. Zeitschr.* 1907, S. 18, 19, 118). Die neuesten Fortschritte der elektrischen Fernphotographie erzielte der Verf. mit Hilfe zweier neuer Apparate, des Lichtrelais und des Selenkompensators. Das Lichtrelais dient dazu, um durch sehr kleine, rasch aufeinander folgende Änderungen eines Stromes entsprechende Änderungen von Lichtintensitäten hervorzurufen. Zwischen den Polschuhen *NS* (Fig. 1) eines Elektromagneten sind wie bei dem Saitengalvanometer zwei parallele, dünne Metallfäden  $\alpha$   $\alpha_1$  ausgespannt; auf ihnen ist als Brücke ein dünnes Aluminiumblättchen *B* aufgeklebt, das gerade zwei in den Polschuhen befindliche gegenüberliegende Öffnungen *O* und *O*<sub>1</sub> verdeckt. Je nach den durch die Metallfäden hindurchgeleiteten Strömen wird das Aluminiumblättchen mehr oder weniger nach der einen oder anderen Richtung abgelenkt, so daß von dem Lichte, das durch die beiden Öffnungen in der Richtung *pp*<sub>1</sub> auf einen

Schirm fällt, mehr oder weniger abgeblendet wird. Die so erhaltenen Lichtschwankungen können entweder dazu dienen, um auf einer Selenzelle Stromschwankungen hervorzurufen oder um durch Konzentration auf einen Punkt auf einem fortlaufenden Film photographiert zu werden.

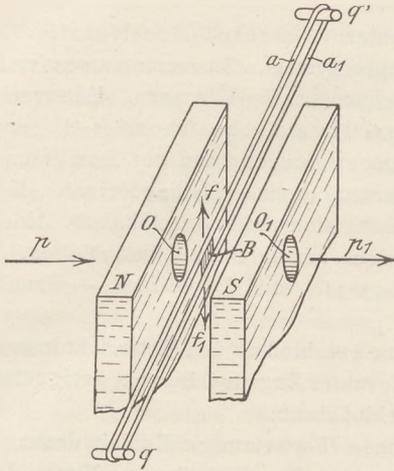


Fig. 1.

Der Selenkompensator dient dazu, um die in den Metallfäden des Lichtrelais entstehenden Ströme trotz der den Selenzellen eigentümlichen Trägheit den Belichtungen einer Selenzelle proportional zu machen. Es seien  $B_1$  und  $B_2$  (Fig. 2)

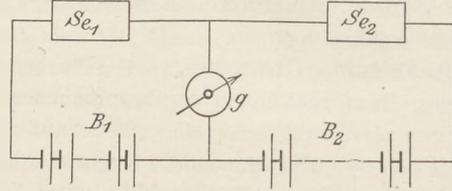


Fig. 2.

Sammlerbatterien von gleicher Polspannung,  $Se_1$  und  $Se_2$  zwei Selenzellen,  $g$  ein Galvanometer, das, wie eben beschrieben, seinen Ausschlägen entsprechend die Selenzelle  $Se_2$  belichtet. Haben  $Se_1$  und  $Se_2$  gleiche Dunkelwiderstände, so ist der Strom in  $g$  Null. Bei Belichtung von  $Se_1$  wird sein Widerstand kleiner; es geht dann ein Strom durch  $g$ , durch den  $Se_2$  soviel Licht erhält, daß auch sein Widerstand verringert wird, und gleichzeitig ein dem früheren entgegengesetzter Strom durch  $g$  geht. Die wirklich in  $g$  entstehenden Ströme werden dadurch den Belichtungen der Zelle  $Se_1$  proportional.

Bei der elektrischen Fernphotographie wird die zu übertragende Photographie als transparenter Film auf einen Glaszylinder aufgewickelt und das Licht einer Lichtquelle (Nernstlampe) mittels einer Sammellinse auf ein Element der Photographie konzentriert; das Licht durchdringt den Film und den Glaszylinder und fällt auf eine Selenzelle, die, je nach der größeren oder geringeren Transparenz der betreffenden Filmstelle, mehr oder weniger Licht erhält. Die Achse des Zylinders steht vertikal, und das Licht wird durch ein total reflektierendes Prisma auf die am Boden des Zylinders befindliche Selenzelle geworfen. Die wechselnde Belichtung der Selenzelle erzeugt entsprechende Schwankungen in einem Stromkreise, der durch Fernleitung zum Empfänger gesandt wird. Der Zylinder ist drehbar so eingerichtet, daß er sich nach jeder Umdrehung um 1 mm in der Richtung seiner Achse verschiebt; dadurch können nacheinander alle Stellen der Photographie abgetastet werden. Der Empfänger besteht aus einem zweiten mit dem Gebezyylinder synchron rotierenden Zylinder, auf dem der Aufnahmeilm aufgewickelt ist. Er befindet sich in einem lichtdichten Kasten, in den nur durch eine enge Öffnung Licht gelangen kann. Durch diese hindurch wird in jedem Momente ein Element des Films von einem Lichtrelais belichtet. Die Metallfäden desselben werden nicht direkt von dem Geberstrom durchlaufen, sondern es ist, um die Trägheitsfehler der Selenzelle zu vermeiden, ein Selenkompensator zwischengeschaltet, dessen Brückenstrom den Belichtungen der Geberzelle proportional ist. Der sehr wichtige Synchronismus der Umdrehungen beider Zylinder wird durch besondere Einrichtungen bewirkt. Die von dem Verf. erhaltenen Fernbilder ( $13 \times 24$  cm in Geber,  $6\frac{1}{2} \times 12$  cm im Empfänger) wurden in etwa 12 Minuten hergestellt. — Die *E.T.Z.* vom 15. August 1907 bringt Abdrücke von Bildern, die bei Versuchen auf der Strecke Berlin-München erhalten worden sind.

*Schk.*

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Das Werden der Welten.** Von Svante Arrhenius. Mit Unterstützung des Verfassers aus dem Schwedischen übersetzt von L. Bamberger. Leipzig, Akadem. Verlagsgesellschaft m. b. H., 1907. 208 S.

Der hervorragende schwedische Forscher hat in diesem Werk, unter Berücksichtigung der neuesten Ergebnisse der Physik und Chemie, eine Kosmogonie geschaffen, die dazu geeignet erscheint, überaus klärend auf die Behandlung des Problems der Weltentwicklung zu wirken. Die Frage, wie die Welt aus einem ungeordneten Chaos entstanden sein könne, ist nach der Ansicht des Verfassers falsch gestellt. Ihm zufolge war das Weltganze seinem Wesen nach stets so, wie es noch jetzt ist; Materie, Energie und Leben ändern nur, im Laufe großer Zeitperioden, Form und Platz im Raum. Der Verfasser sucht zu zeigen, wie Nebelflecke aus Sonnen und umgekehrt Sonnen aus Nebelflecken entstehen können, und nimmt an, daß diese Wechselwirkung beständig vor sich gegangen ist, gerade wie jetzt. Eine besondere Rolle bei diesen Betrachtungen spielt der Strahlungsdruck, der bei sehr feiner Zerteilung der Materie auf diese eine Wirkung ausübt, die derjenigen der Massenanziehung gerade entgegengesetzt ist. Die Gasmassen in den Nebelflecken bilden die wichtigsten Sammelstellen für den Staub, den die Sonnen durch Strahlungsdruck von sich wegstoßen. Die Deckung des Wärmeverlustes der Sonne wird hauptsächlich der in ihr aufgespeicherten enormen chemischen Energie zugeschrieben. Bezüglich der Erhaltung und Ausbreitung des Lebens im Weltraum schließt sich der Verfasser der Hypothese Lord Kelvins an, die vor diesem auch schon von dem deutschen Arzt H. E. Richter aufgestellt worden ist, modifiziert diese aber dahin, daß mikroskopische Keime von den organischen Leben tragenden Himmelskörpern durch den Strahlungsdruck der Sonne in den Weltraum hinausgetrieben werden.

Das Buch ist im besten Sinn populär geschrieben, enthält aber zugleich eine so große Menge wissenschaftlich interessanter Tatsachen und Theorien geologischer und astronomischer Art, daß es auch für den fachmännisch gebildeten Leser eine reiche Fundgrube und ein Quell der Belehrung wird. P.

**Geschichte der Physik.** Von A. Kistner. I. Die Physik bis Newton. Mit 13 Figuren. 117 S.

II. Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren. 130 S. Sammlung Göschen. Zwei Bändchen à M 0,80.

Die Aufgabe, eine Geschichte der Physik auf so beschränktem Raum zu geben, war nur dadurch in ansprechender Form lösbar, daß nur die hervorragendsten Physiker etwas eingehender behandelt wurden. Dies ist namentlich im ersten Bändchen bei Lionardo, Galilei, Guericke, Huygens und Newton geschehen, bei denen einzelne besonders wichtige Entdeckungen durch Anführung von Originalstellen erläutert sind. Im einzelnen möchte namentlich im ersten Bändchen noch manches der Revision bedürfen, so die Erwähnung des Flavio Gioja, das Urteil über den Abschied Galileis von Pisa, der Zusammenhang von freiem Fall und Schwerkraft bei Galilei, die Schätzung der Descartesschen Erklärung des Regenbogens, die Rolle Vivianis bei Torricellis Versuch. Das zweite Bändchen führt die Übersicht über die wichtigsten physikalischen Entdeckungen bis auf die neueste Zeit weiter. Das kleine Werk kann der Beachtung empfohlen werden. P.

**Geschichte der Chemie.** Von Dr. Hugo Bauer. I. Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. 94 S. II. Von Lavoisier bis zur Gegenwart. 125 S. Sammlung Göschen. Zwei Bändchen à M 0,80.

Die beiden Bändchen wollen nur einer ersten Orientierung dienen. Die Darstellung ist recht geschickt und erstreckt sich hauptsächlich auf die Entwicklung der grundlegenden Ansichten in den verschiedenen chemischen Zeitaltern. Doch auch manche Einzelforschungen wie die über Kalium, Natrium, Chlor finden im Zusammenhang damit Berücksichtigung und tragen zur Belebung der Darstellung bei. P.

**Physikalische Freihandversuche,** unter Benutzung des Nachlasses von Bernhard Schwalbe zusammengestellt und bearbeitet von Hermann Hahn. II. Teil: Eigenschaften der Flüssigkeiten und Gase. Mit 569 Figuren im Text. Berlin, Otto Salle, 1907. 293 S. M 5,—.

Von dieser überaus verdienstvollen „Enzyklopädie der Freihandversuche“ liegt nunmehr der zweite Teil vor; in ihm ist gerade der Teil der Naturlehre behandelt, an dem der verewigte Schwalbe zuerst den Wert der Freihandversuche für die Schule erkannt und erprobt hat. Das Lieblingsgebiet Schwalbes, die Molekularphysik der Flüssigkeiten und Gase, nimmt demgemäß einen beträchtlichen Raum ein; allein die Versuche zur Oberflächenspannung umfassen nicht weniger als 96 Nummern, während der ganze Band deren 674 enthält. Trotz seiner Abneigung gegen Universalapparate hat der Verf. doch auch den Baileyschen Universalapparat für Versuche mit Flüssigkeiten und Gasen aufgenommen, der sich allenfalls auch zur Selbstanfertigung eignet. Auf Einzelheiten einzugehen, ist

nicht gut möglich. Auch dieser Band enthält soviel treffliche methodische Winke und soviel brauchbare Versuchsanordnungen, daß er jedem, der ihn in Händen hat, bald zum unentbehrlichen Nachschlagebuch werden wird.

P.

**Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik.** Von Dr. G. Benischke. Zweite vermehrte Auflage von: „Magnetismus und Elektrizität mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis“. Berlin, J. Springer, 1907. XVI u. 580 S., 489 Abb. im Text. Geh. M 12,—, geb. M 13,20.

Das vorliegende soll ein, in erster Linie für den Elektrotechniker bestimmtes Nachschlagebuch sein, welches „in möglichst kurzer Fassung bei gleichzeitiger Wahrung streng systematischer Entwicklung“ über in der Praxis auftauchende theoretische Fragen Aufklärung gibt; es behandelt folgende Gegenstände: Allgemeine Grundgesetze über Magnetismus und Elektrizität, Grundgesetze der Elektrostatik, Die strömende Elektrizität, Elektrolytische Vorgänge, Magnetische Stromwirkungen, Magnetische Induktion, Elektrodynamik, Elektrische Induktion, Einfachen Wechselstrom, Gegenseitige Induktion zweier Stromkreise, Kapazitätserscheinungen, Nichtstationäre Stromzustände, Zusammengesetzte Wellenformen, Elektrizitätsdurchgang durch Nichtleiter, Mehrphasenströme, Grundlagen der Meßtechnik, Das absolute Maßsystem. Mathematische Erörterungen nehmen einen breiten Raum ein, ohne daß indessen die praktische Seite vernachlässigt ist; eine große Anzahl von Illustrationen, darunter viele charakteristische Schaulinien, sowie Zahlenbeispiele und vermittelt eines besonderen Verzeichnisses leicht auffindbare Zahlentafeln dienen zur Erläuterung des Vorgetragenen. Den Beschluß macht eine Liste der verwendeten Buchstabenbezeichnungen sowie ein, allerdings etwas knappes, Schlagwörterverzeichnis. Die Anordnung und Behandlung des reichhaltigen Stoffes ist übersichtlich und verständlich, wengleich offensichtlich vielfach durch das Streben nach möglichster Kürze etwas ungünstig beeinflusst; der Verf. hat jedoch augenscheinlich auf die Gestaltung des Textes große Sorgfalt verwendet. Es gilt dies auch bezüglich der Wahl der Ausdrücke, unter denen man Spuren des „elektrotechnischen Kauderwelsch“ wie „Admittanz“, „Suszeptanz“, „Reluktanz“, „Restriktanz“, „Koaktanz“ usw. vergeblich sucht. Im einzelnen sei folgendes bemerkt. § 1 enthält dem Wortlaute nach einen Widerspruch. In § 68 vermißt Ref. die sehr brauchbare Zusammenstellung: Kohle in der angegebenen Chromsalzlösung — Zink in Kochsalzlösung, in § 72 die Trockensäule von Nernst und Dolezalek. S. 145 ist von magnetischer „Ladung“ die Rede, S. 433 sind die Begriffe „hart“ und „weich“ bei Röntgenröhren verwechselt; „harte“ Röhren sind solche sehr hohen Vakuums, i. e. niederen Druckes und großen Durchdringungsvermögens. Auf S. 470 sind die Werte für Anoden- und Kathodenfall „gewöhnlicher“ (?) Kohlen augenscheinlich nicht richtig, da danach ein Kohlelichtbogen bei 35 Volt (Dreischaltungslampen) unmöglich wäre; zu S. 472 ist zu bemerken, daß das Licht des Vakuumquecksilberbogens keineswegs allein von der Dampfsäule ausgeht — vgl. Lampe von Siedentopf — und daß gerade die magnetische Beeinflussung des Hg-Bogens in mehreren Patenten eine wichtige Rolle spielt; zu S. 474, daß die „dunkle“ Trennungsschicht zwischen Anoden und Kathodenlichtbüschel auch beim freien Kohlebogen beobachtet werden kann. Es heißt: Rühmkorff und Ayrton. Die Abbildungen sind durchweg gut und klar, wenn auch einfach, nur mitunter etwas zu sehr nach der Wandtafel aussehend, z. B. Fig. 77–79. Wenn Ref. auch einiges vermißt hat, wie Näheres über die Kraftwirkungen von Magnetisierungsspulen und die Theorie der Bogenlampen, so ist doch der Inhalt trotz des mäßigen Umfangs ein außergewöhnlich reicher. Das Werk muß als recht wertvoll und auch namentlich geeignet bezeichnet werden, dem der speziellen Elektrotechnik ferner stehenden Physiker als Ratgeber zu dienen.

Biegon von Czudnochowski.

**Jahrbuch der Chemie.** Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer in Braunschweig. XVI. Jahrg. 1906. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1907. XII und 637 S. M 16,—; geb. M 17,—.

In der zahlreichen Mitarbeiterschaft des vorzüglich verfaßten Jahrbuches ist eine Änderung nur dahin eingetreten, daß der Bericht über die „Physikalische Chemie“ von O. Sackur in Breslau, der über „Physiologische Chemie“ von K. Spiro in Straßburg erstattet wurde. Die nähere Gliederung des Ganzen ist wiederholt in dieser Zeitschrift angegeben: es bietet eine erschöpfende Übersicht über alle umfangreicheren Arbeiten auf den verschiedensten Gebieten der Chemie. Vieles ist unmittelbar für den chemischen Unterricht zu verwerten, so die Angaben über die Weltproduktion der einzelnen Metalle — in der Abteilung „Hüttenfach“ —, wo man beispielsweise erfährt, daß für 1906 die Gesamtproduktion an Gold 602500 kg betrug, woran der ungewöhnlich gesteigerte Betrieb in Südafrika allein mit 6 602 000 Fine ounces (à 31,103 g), Deutschland immerhin noch mit 4202 kg im Werte von 11 727 000 M beteiligt ist. Es sei erneut auf das außerordentlich praktisch angelegte Jahrbuch, durch das sich jeder, der chemischen Unterricht zu erteilen hat, wissenschaftlich auf dem Laufenden erhalten kann, angelegentlich hingewiesen.

O.

**Physikalische Chemie für Anfänger.** Von Dr. Ch. M. van Deventer. Mit einem Vorwort von J. H. van 't Hoff. 3. Aufl., besorgt von Prof. E. Cohen. Leipzig, W. Engelmann, 1906. XX und 163 S. Geb. M 4,—.

Die vorliegende Einführung in die Physikalische Chemie ist bereits wiederholt in ds. Zeitschr. (XI 195, XVI 250) empfehlend besprochen worden. Die neue Ausgabe hat verschiedene wertvolle Zusätze erhalten, doch sind andererseits die numerischen Tabellen, z. B. die thermochemischen, fast ganz in Wegfall gekommen. Wir müssen dies im Interesse des Buches selbst sehr bedauern. Gerade für denjenigen, der die Physikalische Chemie kennen lernen will und sicher nicht im Besitze größerer bezüglicher Tabellenwerke ist, waren die beigefügten Zahlenbeispiele eine nicht nur willkommene sondern notwendige Ergänzung. Hoffentlich wird dem Mangel in einer späteren Ausgabe wieder abgeholfen.

O. Ohmann.

**Pflanzenphysiologische Versuche für die Schule,** zusammengestellt von Dr. W. Oels, Prof. a. d. Franckeschen Stiftungen in Halle. 2. verb. u. verm. Aufl. Mit 87 Fig. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1907. XIV. und 117 S. M 3,—.

Das Büchlein stellt eine praktische Auswahl der für die Schule wichtigsten Versuche dar, auf die hier näher einzugehen, der Raum verbietet. Lobend sei hervorgehoben, daß die Versuche in ausgiebigem Maße durch gute Abbildungen veranschaulicht werden, wobei u. a. auch die instruktiven Figuren aus Detmers Praktikum herangezogen wurden. Solange die Biologie noch nicht wieder Bürgerrecht in den Oberklassen erlangt hat, wird man gut tun, einzelne der im Buche behandelten Versuche im chemischen Unterricht, auch dort, wo die organische Chemie keinen besonderen Abschnitt bildet, vorzunehmen.

O.

**Methodisches Lehrbuch der Chemie und Mineralogie für Realgymnasien und Oberrealschulen.** Von Prof. Dr. W. Levin. Teil I: Unterstufe. Mit 72 Abb. Berlin, O. Salle, 1906. 114 S. Ungeb. M 1,40.

**Methodischer Leitfaden für den Anfangsunterricht in der Chemie.** Von demselben Verfasser. Mit 112 Abb. 5. verb. Aufl. Berlin, O. Salle, 1907. 170 S. Ungeb. M 2,—.

Die vorliegende „Unterstufe“ ist im wesentlichen ein etwas gekürzter Abdruck des „Methodischen Leitfadens“ desselben Verfassers, unter Weglassung einiger Kapitel wie: Holz, Feldspat, Gärung u. a. Die für den „Leitfaden“ in methodischer Hinsicht gemachten Ausstellungen (vgl. ds. Zeitschr. XIII 241 u. a.) gelten daher auch für die „Unterstufe“ — das Buch wird strengeren methodischen Anforderungen nicht gerecht. Beispielsweise wird beim Wasser — an dem Punkte, wo dessen chemische Charakteristik beginnen soll — gesagt: „Während wir Quecksilberoxyd durch Wärme ohne Schwierigkeit zerlegen konnten, würde zu einer chemischen Zersetzung des Wassers eine Erhitzung auf mehr als 1000° erforderlich sein“ (S. 15), ohne daß überhaupt die Frage aufgeworfen wird, ob das Wasser ein Element oder eine Verbindung sei; es wird also die Zusammengesetztheit ohne weiteres antizipiert — ganz abgesehen davon, daß die erwähnte Temperaturangabe „mehr als 1000°“ nach neueren Untersuchungen (Nernst) sehr vage, übrigens auch irreführend ist. Daß nun sogleich zu dem im Anfang durchaus bedenklichen Versuch der sog. Elektrolyse des Wassers übergegangen wird, erscheint als ein weiterer methodischer Mangel. Zu beanstanden ist ferner, wiederum in Beziehung auf induktive Behandlung, daß beim dritten Ausgangskörper, „Salzsäure“, mit Kochsalz und Schwefelsäure operiert wird, ohne daß die chemische Zusammensetzung von einem dieser beiden Körper bereits erkannt ist. Schließlich vermag Ref. nicht zuzugeben, daß das Buch in vorliegender Form für die Obersekunda des Realgymnasiums ausreichend sein sollte. Wohl ist im allgemeinen für dieses Pensum ein methodischer Lehrgang erstrebenswert, aber dann muß doch eine Behandlung platzgreifen, die in verschiedener besonders theoretischer Hinsicht bei weitem mehr in die Tiefe geht, als es im Buch geschieht, die insbesondere auch verschiedene, hier ganz übergangene Grundbegriffe der physikalischen Chemie berücksichtigt. Alles in allem kommen die im chemischen Unterricht, zumal im Anfangsunterricht, bei wirklich methodisch-induktiver Behandlung steckenden Werte im vorliegenden Buche nicht hinreichend zur Geltung.

O.

### **Programm-Abhandlungen.**

**Über die Messung der Windstärke.** Von Prof. Rammler. Städt. Oberrealschule zu Freiburg, Schl. Ostern 1907. 20 S. Pr.-Nr. 278.

Der Verfasser stellt aus zum Teil schwer zugänglichen Quellen das Wichtigste über die verschiedenen Arten der Anemometer zusammen. Er beschreibt die Druckplattenanemometer, die Rotationsanemometer und die Röhrenanemometer, die auf der Druck- und Saugwirkung eines Luftstroms gegen eine Flüssigkeitssäule beruhen. Die mit 24 Skizzen versehene Arbeit ist recht dankenswert. P.

**Gedächtnisrede für Prof. Heinrich Kuhfahl.** Von Direktor Dr. Fr. Schlee. Kgl. Gymnasium nebst Realschule zu Landsberg a. W. Ostern 1907. 9 S. Pr.-Nr. 90.

Die Rede gibt mit warmen Worten ein Lebensbild des am 9. September 1906 nach eben vollendetem 50. Lebensjahr verstorbenen Fachgenossen, dessen Name auch bei den Lesern unserer Zeitschrift einen guten Klang hat. Von seinem Physikunterricht sagt die Rede: „Abhold aller Phrase, allen unklaren Redensarten, drang er auf scharfe Definitionen auf Grund sicherer empirischer Beobachtungen. Auswendig gelerntes Buchwissen ließ er nicht gelten. Das war schon aus dem Grunde bei ihm nicht zu verwerten, weil er stets eigene Wege ging und seine Schüler nach eigener, meist sehr vereinfachter Methode in die Wissensgebiete einführte.“ Besonders gerühmt wird auch sein Geschick im Experimentieren und im Anfertigen von Apparaten, deren eine große Zahl sich in der Sammlung der Anstalt befindet. Heinrich Kuhfahl war ohne Zweifel eine der begabtesten und tüchtigsten Lehrerpersönlichkeiten unseres Unterrichtsfaches, er hat sich auch über die Grenzen seiner Anstalt hinaus durch zahlreiche schöne Beiträge zur Methodik des Unterrichts ein ehrenvolles Andenken gesichert. P.

**Zur Energielehre im physikalischen Unterricht.** Von Prof. Johannes Schacht. 27 S. u. 2 Taf. Vierte Realschule zu Berlin. Ostern 1907. Pr.-Nr. 139.

Der Verfasser bietet in Form eines von Demonstrationen begleiteten Vortrages eine elementare Darstellung der Energielehre, aus der auch für den Unterricht manches Brauchbare zu entnehmen sein wird. Es werden die Begriffe Arbeit und Effekt, Energie der Lage und Energie der Bewegung erläutert, dann das Kraftfeld eines Massenpunktes sowie Anwendungen auf Planetenbahnen, auf Turbinen, Schwunräder u. a. m. angeschlossen. Es folgt die Energie der Wärme und die chemische Energie, letztere bei Explosionsvorgängen und bei galvanischen Elementen. Beachtenswert ist auch, was der Verfasser über die Verteilung des physikalischen Lehrstoffs an den (Berliner) Realschulen sagt. Man sollte endlich die Lehre vom galvanischen Strom auf die oberste Stufe verlegen, um in ihr den Energiebegriff anwenden zu können; dies entspräche auch den Vorschlägen, die die Meraner Lehrpläne für die neunklassigen Anstalten aufgestellt haben. P.

**Die Bedeutung der Mathematik und der Naturwissenschaften für die allgemeine Bildung.** Von Theodor Glauner. Melanchthon-Gymnasium zu Wittenberg. Ostern 1907. 32 S. Pr.-Nr. 312.

Der Verfasser hat sich zur Aufgabe gesetzt, durch diese Bearbeitung einer Festrede weite Kreise mit den Unterlagen der Bestrebungen bekannt zu machen, die seit einigen Jahren auf eine stärkere Betonung der mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildungselemente im Unterrichte der höheren Schulen gerichtet sind. Die Darstellung ist sehr geschickt und zeugt von großer Belesenheit; der Bildungswert der verschiedenen Gebiete exaktwissenschaftlicher Forschung wird aufs trefflichste dargelegt und mit gut gewählten Argumenten gestützt, der humanistische Wert auch des realistischen Unterrichts findet sich auch hier aufs nachdrücklichste betont. Auch der Fachlehrer wird die Abhandlung mit Genuß lesen. P.

**Astronomie in der Schule. I. Teil.** Von Prof. E. Gnau. Gymnasium zu Sangerhausen. Ostern 1907. 47 S. Pr.-Nr. 307.

Nach einleitenden Betrachtungen über Schulorganismus und Unterrichtsmethode im allgemeinen sowie über Methode und Ziel des Unterrichts setzt der Verfasser einen allgemeinen Lehrgang der Astronomie auseinander, der durchaus im modernen Sinn induktiv geartet ist. Er verwirft alle Anschauungssurrogate, sofern sie als Fundament des Unterrichts benutzt werden, und empfiehlt durchweg die Pflege der unmittelbaren Anschauung. Nicht mit dem Globus soll daher der Unterricht in VI beginnen, sondern mit der Beobachtung des Fixsternhimmels, wie in dem „methodischen Lehrplan“ für die Unterstufe näher erläutert wird. Die Bewegung der Fixsterne und der Begriff der Fixsternsphäre bilden das nächste Ziel des Unterrichts, daran anschließend wird allmählich das „geometrische Gerüst“ der Parallelkreise und Stundenkreise entwickelt und so allmählich die Ahnung von der Kugelgestalt der Erde erweckt. Daneben laufen die ersten Beobachtungen über die Mondbewegung und die Verschiebung des Fixsternhimmels gegen die Sonne. Erst in IV oder im letzten Teil des Pensums von V kann die Vorstellung von der Kugelgestalt der Erde zu größerer Deutlichkeit gebracht werden, hier demnach auch erst der Globus für die Geographie als Grundlage benutzt werden (entgegen den jetzigen auf die Dauer nicht haltbaren Vorschriften der Lehrpläne). Auch die tägliche Achsendrehung der Erde wird noch der Unterstufe zugewiesen, wobei die ungeheure Entfernung der Fixsterne zur Begründung dient. Doch sind diese beiden Vorstellungen so schwierig für den jüngeren Schüler, daß der Verfasser mit Recht ein öfteres Zurückkommen darauf in den folgenden Klassen empfiehlt. Die ganze Abhandlung ist ein trefflicher Beitrag zur Vervollkommnung der Methodik auf diesem lange vernachlässigten Gebiet. P.

**Die älteren physikalischen Apparate** der Sammlung des Realgymnasiums. Von † Prof. Dr. Otto Danckwortt. Realgymnasium in Magdeburg. Ostern 1907. 18 S. Pr.-Nr. 318.

Die Sammlung, deren erste Anlage bis auf 1820 zurückgeht, enthält interessante ältere Apparate, deren Pflege und Feststellung der am 18. Dezember 1906 verstorbene O. Danckwortt (der ältere) sich zur Lebensaufgabe gemacht hatte. Er hat die hier vorliegende Beschreibung noch kurz vor seinem Tode zu Ende geführt. Auch zur Geschichte des physikalischen Unterrichts ist damit ein willkommener Beitrag geliefert. Von Einzelheiten seien erwähnt zwei Wegemesser, zwei Magdeburger Halbkugeln, große Voltasche Säule von 250 Plattenpaaren, Magnetelektromotor von Neef, Gregorysches Spiegelteleskop aus Holland, Erdfernrohr von Ramsden, zwei Sonnenmikroskope. Es ist durchaus zu wünschen, daß derartige ältere Apparate, auch wenn sie heut überholt sind, nicht zum alten Eisen geworfen, sondern konserviert werden. P.

**Was folgt aus unserer Kenntnis von den elektromagnetischen Schwingungen** für ihre Anwendung auf die Funkentelegraphie? Von Dr. Georg Geipel. Städt. Gymnasium zu St. Maria-Magdalena in Breslau. Ostern 1907. 18 S. und 1 Tafel. Pr.-Nr. 223.

Der Verfasser hat aus dem umfangreichen Werk von Zenneck über elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie (Stuttgart, F. Enke) das zusammengestellt, was zum Verständnis der heut in der Strahlentelegraphie gebräuchlichen Apparate unbedingt erforderlich ist. Er hat damit sicher manchem Fachgenossen einen Dienst erwiesen. Behandelt werden: I. Der geschlossene Schwingungskreis. II. Die Dämpfung. III. Wirkung einer ungedämpften Schwingung auf einen Oszillator. IV. Gekoppelte Systeme. V. Fortschreitende elektromagnetische Wellen und Strahlung. VI. Der Marconisender. VII. Die Braunschens Senderanordnungen. VIII. Der Empfänger der drahtlosen Telegraphie. P.

## Versammlungen und Vereine.

### Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

*XVI. Hauptversammlung in Dresden am 21.—24. Mai 1907.*

Auf die Begrüßungsansprachen des Vorsitzenden des Ortsausschusses, Prof. Dr. Witting, des Vertreters der sächsischen Staatsregierung, Geh.-Rats Dr. Seeliger, des Rates der Stadt Dresden, Bürgermeisters Kretschmar, des Rektors der Technischen Hochschule, Prof. Dr. Pattenhausen, erwiderte der Vorsitzende des Vereins, Prof. Pietzker, mit Worten des Dankes, in denen er besonders die Bedeutung der Wechselbeziehung zwischen Hochschule und Mittelschule betonte.

Den ersten Vortrag hielt Herr Geh.-Rat Prof. Dr. Krause von der Technischen Hochschule „Über die Ausbildung von Lehrern der mathematisch-naturwissenschaftlichen Richtung an der Technischen Hochschule zu Dresden“. Ihm folgten Rektor Dr. Reinhardt mit einem Bericht über die Wünsche der Fachlehrer hinsichtlich des Hochschulunterrichts in der Mathematik und Physik, Prof. Dr. Löwenhardt mit einem ebensolchen für Chemie und Biologie.

Die zweite allgemeine Sitzung sowie eine eingeschobene dritte waren lediglich der Diskussion über die eben genannten Berichte gewidmet. Die von der Versammlung gefaßten Beschlüsse sind folgende:

A. Allgemeines. 1. Das Ziel der mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehrfächer ist es, die ihnen eigentümlichen Bildungswerte im Rahmen des allgemeinen Bildungszweckes der höheren Schulen zur Geltung zu bringen. Daher dürfen ihnen ihre Aufgaben nicht nach einseitigen, außerhalb dieses Zweckes liegenden Gesichtspunkten vorgeschrieben werden. — 2. Die Hochschul-ausbildung der Lehramtskandidaten (an Universitäten wie an Technischen Hochschulen) ist unter normalen Verhältnissen auf einen Zeitraum von acht Semestern zu bemessen. — 3. Im Interesse eines zielbewußten fruchtbaren Studiums ist bei der großen Mannigfaltigkeit der Anforderungen die Veröffentlichung von Studienplänen seitens der Hochschulen für die einzelnen Studienfächer und Bildungsrichtungen wünschenswert. Diese Studienpläne müssen sich darauf beschränken, den Studierenden Ratschläge zu erteilen. — 4. Auf allen Gebieten und auf allen Stufen des mathematischen und naturwissenschaftlichen Hochschulunterrichts sind den Vorlesungen seminaristische bzw. praktische Übungen an die Seite zu stellen. Bei der Meldung zum Staatsexamen hat der Kandidat den Nachweis der Beteiligung an diesen Übungen zu erbringen. — 5. Auf allen Gebieten des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts ist das geschichtliche und bibliographische Moment in höherem Maße zu berücksichtigen, als es bisher in der Regel der Fall war. — 6. Eine gute philosophische Schulung ist für die Lehramtskandidaten der mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächer von hohem

Werte. Die Hochschulvorlesungen über Philosophie werden die Aufgabe dieser Schulung nur dann in ausreichender Weise erfüllen, wenn sie bei dem von ihnen herangezogenen Stoff auch die mathematisch-naturwissenschaftlichen Wissensgebiete in angemessener Weise berücksichtigen. Gleiches gilt für die Hochschulvorlesungen über Pädagogik. — 7. Zur pädagogischen und didaktischen Ausbildung der Lehramtskandidaten sind an geeigneten Schulen pädagogische Seminare zu gründen, staatlich zu organisieren und mit Lehrmitteln auszustatten. — 8. Zur Unterstützung der auf mathematischem wie besonders auf naturwissenschaftlichem Gebiete unentbehrlichen Fortbildung erscheinen, neben Erleichterungen zur Teilnahme an den bestehenden Ferienkursen, Reisestipendien für die Lehrer der höheren Schulen zum Besuche biologischer Stationen, naturwissenschaftlich eigenartiger Gegenden, hervorragender Lehrinstitute auch des Auslandes, und industriell besonders entwickelter Länder angezeigt.

B. Mathematik und Physik. 9. Das Studium der reinen Mathematik ist auf Analysis und Geometrie, einschließlich der darstellenden Geometrie, zu erstrecken, die Verbindung mit den Anwendungen der Mathematik wird empfohlen. — 10. Das Niveau der ersten Vorlesung über Experimentalphysik setzt vielfach auf den Hochschulen, und zwar besonders an den Universitäten, eine so geringe Vorbildung voraus, daß dadurch für die Lehramtskandidaten eine unnütze Verzögerung entsteht. Dem ist durch geeignete Einrichtungen abzuwehren. — 11. Bereits vom ersten Studiensemester an ist die Teilnahme an den physikalischen Übungen erforderlich, auch wird den künftigen Lehramtskandidaten dringend geraten, daß sie jede Gelegenheit benutzen, um sich mit den Übungen in der mechanischen Werkstatt (sogenannten Handfertigkeitenübungen) vertraut zu machen. — 12. Den Studierenden der Physik ist nachdrücklich zu empfehlen, daß sie eine Vorlesung über Experimentalchemie belegen und ein Semester im chemischen Laboratorium praktisch arbeiten.

C. Chemie und biologische Fächer. 13. Die Forderung, daß die Ausbildung der Lehramtskandidaten keine einseitige Fachbildung sein darf, sondern sich auf einer möglichst breiten Grundlage aufzubauen hat, wird durch den gegenwärtigen Hochschulunterricht in Chemie und in den biologischen Fächern im allgemeinen nicht ausreichend erfüllt. — 14. Der Lehramtskandidat hat sich auf der Hochschule eine umfassende Kenntnis der Tatsachen und Theorien, eine gründliche experimentelle Ausbildung und endlich eine hinreichende Reife wissenschaftlichen Urteils zu erwerben, um der Weiterentwicklung seiner Wissenschaft folgen zu können. — 15. Neben den allgemeinen Vorlesungen über anorganische und organische Chemie ist je eine Vorlesung über allgemeine Chemie (physikalische Chemie) sowie über technische Chemie (mit Exkursionen) zu hören. — 16. Das Ziel der Tätigkeit im Laboratorium ist neben der dadurch erstrebten wissenschaftlichen Ausbildung Übung in exakter Darstellung von Präparaten und Geschicklichkeit in der Ausführung von Demonstrationsversuchen, ferner einige Übung in der qualitativen und quantitativen Analyse sowie in der physikalischen Chemie. — 17. Jeder Lehramtskandidat der Chemie hat die zweisemestrige Vorlesung über Experimentalphysik sowie ein physikalisches Praktikum zu absolvieren. — 18. Der biologische Unterricht auf den höheren Schulen darf nur von Fachlehrern erteilt werden. Diese haben denselben Anspruch auf sorgfältige und nachhaltige Einführung in ihre Wissenschaften wie die Vertreter anderer Lehrfächer. Für die Erfüllung der von der Hochschule zu lösenden Bildungsaufgabe ist die Einführung des biologischen Unterrichts in die Oberklassen der höheren Schulen die unerläßliche Vorbedingung. — 19. Die zoologischen und botanischen Hochschulvorlesungen müssen sich vielfach mehr als bisher den Bedürfnissen der Studierenden der Naturwissenschaften anpassen. Insbesondere sind überall Systematik und Ökologie in besonderen Vorlesungen zu behandeln. Auch Anatomie und Physiologie des menschlichen Körpers soll der Lehramtskandidat in einer besonderen Vorlesung kennen lernen. — 20. Die Vorbildung auch des Biologen muß sich in weit höherem Maße als bisher an praktische Übungen anlehnen. Er hat vom ersten Semester an sowohl an zoologischen wie an botanischen und geologischen, makroskopischen und mikroskopischen Übungen teilzunehmen. Zwecks Einführung in die Kenntnis der einheimischen Tierwelt sind — entsprechend den vorhandenen botanischen — zoologische Exkursionen und Bestimmungsübungen erforderlich. —

In der letzten allgemeinen Sitzung hielt Herr Geh.-Rat Prof. Kalkowsky einen durch zahlreiche Objekte und Projektionsbilder illustrierten Vortrag über Nephrit und Herr Prof. Felix Müller einen Vortrag über Leonhard Euler, sein Leben und Wirken.

In einer Abteilungssitzung führte Prof. H. Rebenstorff Versuche über flüssige und gasförmige Körper sowie aus der Wärmelehre und Chemie vor; Prof. Grimsehl demonstrierte neue physikalische Unterrichtsapparate, besonders für elektrische Schwingungen; Herr Staatsrat Prof. Grübler von der Technischen Hochschule sprach über den Gewichtsbegriff; Herr H. Lohmann führte elektrostatische Versuche über die Verwendung zweckmäßig geschalteter Influenzmaschinen zur Erzeugung sehr langer Entladungsfunken vor.

In einer zweiten Abteilungssitzung hielt Herr B. Hoffmann einen durch Proben am Klavier erläuterten Vortrag über „Vogelmotive in der Musik“, Herr E. Lohrmann erstattete Bericht über die Leitsätze der Gesellschaft Isis zu Dresden betreffend die Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen.

In einer weiteren Abteilungssitzung sprach Herr M. Brückner „zur Geschichte der Theorie der gleichckig-gleichflächigen Polyeder“ und Herr K. Schorer über „Bewegliche Modelle für den geometrischen Unterricht“ sowie über „Flächengleichheit und Ähnlichkeit“. Herr H. Dreßler zeigte und erläuterte bewegliche Modelle für den mathematischen und naturgeschichtlichen Unterricht.

Der Nachmittag des 23. Mai war der Besichtigung des Gußstahlwerkes Döhlen gewidmet, der 24. Mai einem Ausflug in die sächsische Schweiz. Zum Versammlungsort für das nächste Jahr wurde Göttingen gewählt.

#### Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

**J. Frick**, Physikalische Technik. 9. Auflage, bearb. von O. Lehmann. II. Bd. 1. Abt. Mit 1443 Abb. 762 S. Braunschweig, Frdr. Vieweg & Sohn, 1907. M 20,—; geb. M 22,—. — Die Fortschritte der Physik im Jahre 1906. 62. Jahrg. II. Abt.: Elektrizität und Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, Wärme. Redig. von **K. Scheel**. 727 S. Braunschweig, Frdr. Vieweg & Sohn, 1907. — **H. A. Lorentz**, Lehrbuch der Physik. Übers. von G. Siebert. Mit 257 Abb. 261 S. Leipzig, J. A. Barth, 1907. M 10,—; geb. M 11,—. — **W. C. D. Whetham**, Die Theorie der Experimental-Elektrizität. Übers. von G. Siebert. Mit 123 Abb. 358 S. Leipzig, J. A. Barth. M 8,—; geb. M 8,80. — **W. Beetz**, Über die bisherigen Beobachtungen im ultraroten Spektrum. Mit 15 Fig. 45 S. Leipzig, J. A. Barth, 1907. M 1,—. — **R. Emden**, Gaskugeln, Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische und meteorologische Probleme. Mit 24 Fig. 497 S. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1907. M 13,—. — **O. Lehmann**, Die wichtigsten Begriffe und Gesetze der Physik. 58 S. Berlin, J. Springer, 1907. M 1,—. — **H. Greinacher**, Radium. 60 S. Leipzig, Veit & Co., 1907. M 1,—. — **J. Kleiber** und **H. Scheffler**, Physik für die Oberstufe. 2. Aufl. Mit 660 Fig. 446 S. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1907. M 4,60. — **W. Donle**, Lehrbuch der Experimentalphysik. 4. Aufl. Mit 420 Abb. 385 S. Stuttgart, Fr. Grub, 1907. M 3,60. — **A. Genan**, Grundriß der Physik. 233 S. Gotha, E. F. Thienemann, 1907. M 3,20. — **H. Brunswig**, Die Explosivstoffe. Mit 6 Abb. 158 S. Leipzig, G. J. Göschen, 1907. M —,80. — Wissenschaft und Bildung. Bd. 12: **H. Mische**, Die Bakterien und ihre Bedeutung im praktischen Leben. 141 S. Bd. 13: **P. Eversheim**, Die Elektrizität als Licht- und Kraftquelle. 121 S. Leipzig, Quelle & Meyer, 1907. à M 1,25. — **J. Lorscheid**, Lehrbuch der anorganischen Chemie. Mit 154 Abb. 7. Aufl. von F. Lehmann. 319 S. Freiburg i. Br., Herder, 1907. M 3,60; geb. M 4,20. — **M. C. Schuyten**, Anorganische Scheikunde. 2. Uitgave. 112 S. Antwerpen, de nederlandsche Boekhandel, 1907. Fr. 2,50. — **O. Diels**, Einführung in die organische Chemie. Mit 34 Abb. 315 S. Leipzig, J. J. Weber, 1907. M 7,50. — **C. Mercator**, Das Arbeiten mit modernen Flachfilmpackungen. Mit 8 Abb. 32 S. Halle a. S., W. Knapp, 1907. M 1,—. — **F. L. Kohlrausch**, Einführung in die Differential- und Integralrechnung nebst Differentialgleichungen. Mit 100 Fig. u. 200 Aufg. 191 S. Berlin, J. Springer, 1907. M 6,—. — Monographien über chemisch-technische Fabrikationsmethoden. Band VIII: **H. Grofsmann**, Die Bedeutung der chemischen Technik für das deutsche Wirtschaftsleben. 140 S. Halle a. S., W. Knapp, 1907. M 4,50. — **W. Weiler**, Der praktische Elektriker. Mit 570 Abb. 5. Aufl. 708 S. Leipzig, M. Schäfer. M 9,—. — **O. E. Güssefeld**, Justus von Liebig und Emil Louis Ferdinand Güssefeld. Briefwechsel 1862—1866. 72 S. Leipzig, J. A. Barth. M 3,—. — **H. Weber**, **J. Wellstein**, **R. H. Weber**, Enzyklopädie der Elementar-Mathematik. 3. Bd.: Angewandte Elementar-Mathematik. Mit 358 Abb. 666 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. M 14,—. — **M. Geistbeck**, Leitfaden der mathematischen und physikalischen Geographie. Mit 116 Abb. 186 S. Freiburg i. Br., Herder, 1907. M 1,60; geb. M 2,—. — **K. Knauthle**, Das Süßwasser. Mit 194 Abb. 663 S. Neudamm, J. Neumann, 1907. M 18,—; geb. M 20,—. — Pädagogische Jahresschau. 1. Bd. 1906. Herausg. von E. Clausnitzer. 411 S. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1907. M 6,—; geb. M 7,—. — **E. Horn**, Das höhere Schulwesen der Staaten Europas. 2. Aufl. 209 S. Berlin, Trowitzsch & Sohn, 1907. M 6,—.

**Sonder-Abdrücke:** Ein Sonnenrohr zur genäherten Zeitbestimmung. Von Prof. Dr. W. Foerster. S.-A. Deutsche Mechanikerzeitung 1907, Heft 16. — Die Umrechnung der Temperaturgrade verschiedener Skalen. Von J. Rompel. S.-A. Stimmen aus Maria-Laach, 1907, Heft 6. — Die Einrichtung der Physik- und Chemieräume höherer Lehranstalten. Von Dr. Willy Kiesewetter. Erweiterte Sonderausgabe aus „Das Schulhaus“. Mit 58 Abbildungen. 91 S.

### Himmelserscheinungen im Oktober und November 1907.

♄ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0<sup>h</sup> = Mitternacht.

		Oktober						November						
		1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30
♀	AR	13 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	13.57	14.23	14.48	15.11	15.31	15.44	15.47	15.34	15.10	14.51	14.48	15. 1
	D	- 10 <sup>o</sup>	- 13 <sup>o</sup>	- 16 <sup>o</sup>	- 19 <sup>o</sup>	- 21 <sup>o</sup>	- 22 <sup>o</sup>	- 23 <sup>o</sup>	- 22 <sup>o</sup>	- 20 <sup>o</sup>	- 17 <sup>o</sup>	- 14 <sup>o</sup>	- 14 <sup>o</sup>	- 15 <sup>o</sup>
♀	AR	12 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>	13. 7	13.30	13.54	14.18	14.42	15. 6	15.32	15.57	16.24	16.50	17.17	17.45
	D	- 3	- 6	- 8	- 11	- 13	- 15	- 17	- 19	- 21	- 22	- 23	- 24	- 24
☉	AR	12 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	12.44	13. 3	13.21	13.40	13.59	14.18	14.38	14.58	15.18	15.39	16.00	16.21
	D	- 3	- 5	- 7	- 9	- 10	- 12	- 14	- 15	- 17	- 18	- 19	- 21	- 22
♂	AR	19 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	19.54	20.06	20.18	20.31	20.43	20.56	21. 9	21.22	21.35	21.48	22. 1	22.14
	D	- 25	- 24	- 23	- 23	- 22	- 21	- 20	- 19	- 17	- 16	- 15	- 14	- 12
♃	AR		8.46		8.52		8.57		9. 1		9. 3		9. 5	
	D		+ 18		+ 18		+ 18		+ 18		+ 17		+ 17	
♄	AR	23 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>							23.31					
	D	- 5							- 6					
☉	Aufg.	6 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup>	6. 9	6.18	6.27	6.36	6.45	6.54	7. 4	7.13	7.22	7.31	7.40	7.47
	Unterg.	17 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	17.27	17.15	17. 4	16.53	16.43	16.32	16.23	16.14	16. 7	16. 0	15.54	15.49
☾	Aufg.	23 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	4.31	10.56	15.38	17.31	19.59	—	5.56	12.15	14.58	16.44	20.30	1. 0
	Unterg.	15 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	17.36	19.38	—	6. 8	11.53	14.59	16.40	20. 9	1.18	7.30	12. 5	14. 4
Sternzeit im mittl. Mittg.		12 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup>	12.55.50	13.15.33	13.35.16	13.54.59	14.14.42	14.34.24	14.54. 7	15.13.50	15.33.33	15.53.15	16.12.58	16.32.41
Zeitgl.		- 10 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup>	- 11.33	- 12.57	- 14.10	- 15. 9	- 15.52	- 16.16	- 16.21	- 16. 5	- 15.28	- 14.31	- 13.13	- 11.36

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M. E. Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		Okt. 7, 11 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>	Nov. 5, 23 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	Okt. 14, 11 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup>	Nov. 12, 18 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	Okt. 21, 10 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>	Nov. 20, 1 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup>	Okt. 29, 8 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	unsichtbar	unsichtbar	abends 4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis 5 Std. lang im Steinbock sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden vor der Morgendämmerung	abends in den Fischen noch etwa 9 Std. lang sichtbar
im November	am 14. Vorübergang vor der Sonne, dann morgens bis 1 Stunde lang im SO sichtbar	für kurze Zeit, zuletzt 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stund. lang abends im SW sichtbar	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> bis 5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Std. lang sichtbar	zuletzt 9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Std. lang vor Tagesanbruch sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt auf 7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden

**Ein Merkurdurchgang am 14. November kann in Deutschland mit Fernrohren gut beobachtet werden.** Der Eintritt des Merkur erfolgt für Zentraldeutschland am nordöstlichen Sonnenrande etwa um 11<sup>h</sup> 1/2<sup>h</sup>, der Austritt um 15<sup>h</sup>. Für Berlin gelten folgende Kontaktzeiten:  
 Eintritt: Äußere Berührung um 11<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> 10<sup>o</sup> M. E. Z. Innere Berührung um 11<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> 50<sup>o</sup> M. E. Z.  
 Austritt: Innere Berührung um 14<sup>h</sup> 48<sup>m</sup> 8<sup>o</sup> M. E. Z. Äußere Berührung um 14<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> 47<sup>o</sup> M. E. Z.  
 Die Ebene des Saturnringes geht am 4. Oktober durch die Erde. Vorher ist die südliche, nachher die nördliche Fläche des Ringes sichtbar. Für kleinere Fernrohre erscheint Saturn in diesem Herbst ohne Ring.

**Sternbedeckungen für Berlin.**

	Stern	Eintritt	Q	Austritt	Q
Nov. 18	μ Ceti	18 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> , 5 M. E. Z.	93 <sup>o</sup>	19 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> , 3 M. E. Z.	217 <sup>o</sup>
20	δ Tauri	17 18 4	40	18 3 4	285
23	Neptun	22 8 4	148	22 38 0	201

**Veränderliche Sterne (M. E. Z.):**

Oct. 5	22 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>	Algol-Min.	Oct. 28	21 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	Algol-Min.	Nov. 15		o Ceti-Max.
8	19 36	Algol-Min.		30 20	ζ Gemin.-Max.	17	23 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup>	Algol-Min.
11	24	δ Cephei-Min.		31 18 7	Algol-Min.	19	23	δ Cephei-Max.
19		R Lyrae-Min.	Nov. 4	23	ζ Gemin.-Min.	20	19 50	Algol-Min.
21	20	γ Aquilae-Max.		9 23	ζ Gemin.-Max.	23	23	δ Cephei-Min.
25	19	ζ Gemin.-Min.		10	R Lyrae-Max.			

Dr. F. Koerber.