

**Z e i t s c h r i f t**  
für den  
**Physikalischen und Chemischen Unterricht.**

---

XXIV. Jahrgang.

**Drittes Heft.**

Mai 1911.

---

**Zur Systematik des Unterrichtsganges in der Elektrizitätslehre.**

Von

**H. Kleinpeter** in Gmunden.

Es ist nicht die Absicht der vorliegenden Mitteilung, gegen die möglichste Berücksichtigung des historischen Entwicklungsganges der Wissenschaft beim Unterricht Stellung zu nehmen; es ist vielmehr auch meine Ansicht, daß nach dieser Richtung hin eher zu wenig als zu viel geschieht. Trotzdem möchte ich mir hiermit erlauben, die Aufmerksamkeit auf ein Unterrichtsgebiet zu lenken, in dem seit altersher der historische Gang eine fast uneingeschränkte Anerkennung gefunden hat, das der Elektrizitätslehre. Es scheint mir denn doch, daß hier des Guten etwas zu viel geschehen ist. Die Entwicklung dieses Teiles der Physik war eine gar zu ungleichmäßige; d. h., man fand zunächst einige Tatsachen aus den verschiedensten Teilen dieses Gebietes, die noch jedes Zusammenhanges entbehrten und sich hinterher oft als von untergeordneter Bedeutung erwiesen. Die heute übliche Vorführung dieses Gebietes im Unterrichte leidet daher an einer Reihe von Mängeln. Bei aller Sorgfalt, die der Lehrer aufwenden mag, läßt es sich doch nicht ganz vermeiden, daß der Schüler ein etwas schiefes Bild erhält, indem die zuerst behandelten Teile in seiner Vorstellung ein Übergewicht erhalten, der Schüler bei dem Worte Elektrizität zunächst an die auffallenden Erscheinungen hochgespannter Reibungselektrizität oder an galvanische Elemente denkt, von denen er oft selbst einige besitzt, und die meist am Schlusse besprochene Induktion nicht mehr in die ihr gebührende Beleuchtung rückt. Zweitens erscheint die Elektrizitätslehre am Anfang als ein nur lose zusammenhängendes Konglomerat einzelner, ziemlich selbständiger Teile wie des Magnetismus, der Elektrostatik, des Galvanismus, die erst später eine Verbindung erhalten. Drittens ergibt sich eine Reihe von Schwierigkeiten beim Unterrichte. Die Definition des Volt kann nicht gegeben werden, wiewohl beständig von Spannungserscheinungen die Rede ist; die Elektrizitätsmenge muß nach dem Coulombschen Gesetz definiert werden, obwohl die chemische oder magnetische Definition weit wichtiger, die erste für den Schulunterricht wohl auch ganz entbehrlich ist; der Begriff des Widerstandes kann an den Erscheinungen der Reibungselektrizität nur recht unvollkommen entwickelt werden (Wasser als guter Leiter!), und der mit Hilfe einer Influenzmaschine entwickelte Strombegriff läßt auch zu wünschen übrig. Als Maßsystem kommt für Schulzwecke nur mehr das praktische in Betracht (übrigens vielleicht auch für die Wissenschaft); die Einführung der elektrostatischen und elektromagnetischen Einheiten ist für den Anfänger nur verwirrend. Dazu treten praktisch-technische Schwierigkeiten; heute haben die meisten physikalischen Kabinette elektrische Stromeinrichtung oder eine eigene Anlage; ja viele haben Wechselstrom. Soll man da mit der Benützung warten, bis im Gang des Unterrichtes die Reihe an den Wechselstrom oder die Dynamo kommt? Es ist jedenfalls weit vorteilhafter, wenn der Gang des Unterrichtes derart eingerichtet wird, daß sofort von der Entstehung der Wechsel- und Gleichströme durch Induktion gesprochen werden, also der Unterricht sich eng an die vorhandenen Mittel anschließen kann. Eine vierte Schwierigkeit liegt in dem

scheinbaren Vorteil, daß die elektrische Wissenschaft so vielfache Zusammenhänge mit andern Teilen der Physik hat, so daß man sie auch zu Zwecken der Wiederholung der andern Teile empfohlen hat. Das hat nämlich andererseits zur Folge, daß das Bild der elektromagnetischen Wissenschaft nicht in der wünschenswerten Reinheit zum Ausdruck kommt. Bedenkt man aber, wie viel heute bereits von einer elektromagnetischen Weltanschauung gesprochen wird, so wird man auch hier ein Bedürfnis nicht verkennen können. Die Akustik wird auf die Mechanik, die Optik auf den Elektromagnetismus zurückgeführt; diese Teile der Physik verlieren also ihre Selbstständigkeit; Mechanik, Wärme und Elektrizität bleiben als Hauptgebiete übrig. Da liegt ein gewisses Interesse vor, daß jeder dieser Teile auch in seiner Eigenart zur Geltung komme. Das wird auch schließlich zur Folge haben, daß die Entwicklung der mathematischen Gesetze und Begriffe sich weit geschlossener und einheitlicher wird vollziehen lassen.

Das scheinen mir nun Gründe genug zu sein, um auch den Versuch eines Unterrichtsganges mit erhöhter Systematik der Mühe wert erscheinen zu lassen. Einen Anlauf in dieser Richtung unternimmt das Lehrbuch von Höfler-Maiß-Poske, das mir in seiner österreichischen Ausgabe vorliegt. Es schaltet den Galvanismus aus, behandelt aber Elektrostatik und Magnetismus noch ohne inneren Zusammenhang nebeneinander. Leider ist hier auch die Anfügung des Elektromagnetismus eine unvermittelte. Es wird hier der alte Gang über das Biot-Savartsche Gesetz eingeschlagen; wobei noch zu bemerken ist, daß sich der Strombegriff nur auf die Influenzmaschine stützt, die keine magnetische Wirkung nachweisen läßt, also ein Hysteron-Proteron. Man kann nun zwar auch nach dem hier in der Folge entwickelten Gang das Biot-Savartsche Gesetz und die Tangentenbussole in den Vordergrund stellen, wenn man es durchaus will; zeigen möchte ich aber einen etwas andern mathematischen Gang, der mir einfacher und übersichtlicher zu sein scheint. Ein Stück Scholastik scheint mir auch an diesen mathematischen Stromgesetzen erster Emission zu kleben. Auch hier scheint mir eine Modernisierung mit Vorteil für den Unterricht durchführbar, und zwar, glaube ich, kann sich der Schulunterricht auf die Vorführung des einfachsten Falles beschränken, der genau der Voraussetzung entspricht, die man stets bei der Behandlung der Schwere in der Mechanik macht, nämlich des eines homogenen magnetischen Feldes von so hoher Feldstärke, daß die Rückwirkung des im Felde befindlichen zweiten magnetischen Feldes auf das erste vernachlässigt werden kann. Unter dieser Voraussetzung, die ihr genaues Analogon in der Mechanik hat, wo man auch nicht die Änderung des Feldes der Erdschwere durch den fallenden Körper berücksichtigt, nehmen die Grundformeln eine sehr einfache und übersichtliche Gestalt an.

Das sind die Gesichtspunkte, von denen ich mich bei der Zusammenstellung des folgenden Unterrichtsganges habe leiten lassen. Ich kann denselben im folgenden nur in seinen Hauptzügen skizzieren; eine ausführliche Darstellung erfordert den Rahmen eines eigenen Buches. Aber nach so mancher Richtung hin bleibt noch eine Freiheit der Wege; auf diese Möglichkeiten möchte ich hinweisen und damit zu Versuchen auf diesem Gebiete ermuntern. Natürlich werden sich auch Demonstrationsapparate konstruieren lassen, die manchen Anforderungen dieses Lehrganges besser gerecht werden; ich benütze hier nur die in allen Sammlungen vorhandenen. Was hier mitgeteilt wird, gibt zwar in großen Zügen einen zusammenhängenden Gang; aber im Anschlusse daran wird sich noch manches ändern lassen, und auf manche Gebiete gehe ich nicht näher ein, weil ich hoffe, daß entweder mir oder andern später eine vollkommenere Ausgestaltung gelingen wird.

Mein Gang, den ich nun das zweite Jahr in der Praxis des Unterrichtes durchführe, ist der folgende:

Ich beginne mit dem permanenten Magnetismus. Wieviel da zu nehmen sei und auf welche Weise, kann dem persönlichen Geschmack überlassen bleiben; nur



muß der Begriff des magnetischen Feldes gehörig hervortreten und die magnetischen Maßeinheiten und ihre Zurückführung auf die bekannten mechanischen Maße durchgenommen werden. Ich gehe dabei von dem Coulombschen Gesetze aus und nehme einen Ablenkungs- und einen Schwingungsversuch. Ersterer dient zugleich zur indirekten Bestätigung des Coulombschen Gesetzes; aus beiden berechne ich nach dem Gaußschen Verfahren die Horizontalintensität sowie die magnetischen Momente der in der Sammlung befindlichen Magnetstäbe (letzteres Schülerübung). Auf eine direkte Bestätigung des Coulombschen Gesetzes habe ich bisher verzichtet, doch steht einer solchen natürlich nichts im Wege. Der Erdmagnetismus wird im Anschlusse daran besprochen (geeigneter Schülervortrag auf Grund von Material, das ihm hierzu gegeben wird).

Schon bei der Besprechung der elementaren Erscheinungen wird immer darauf verwiesen, daß in der Umgebung des Magneten eigentlich sich die Hauptsache abspielt, was uns nur mangels eines geeigneten Sinnes verborgen bleibt. Eine Reihe von Kraftlinienbildern gelangt zur Vorführung. Zum Schlusse wird auf die besondere Eigentümlichkeit des Magnetismus, auf so wenige Elemente beschränkt zu sein, hingewiesen (Diamagnetismus ist mit permanenten Magneten nicht vorführbar) und die Frage aufgeworfen, ob denn nicht auch andere Stoffe magnetische Einwirkung zeigen.

Hier kann nun wieder der historische Gang zu Ehren kommen. Die erste diesbezügliche Beobachtung war die Dämpfung der Schwingungen einer Magnetonadel durch die Metallhülle des Kompasses (Versuch). Daran schloß sich Aragos Versuch über Rotationsmagnetismus an, den man leicht mit den überall vorhandenen Mitteln ausführen kann (mit astatischem Nadelpaar, Zentrifugalmaschine und irgendeiner Metallplatte, z. B. Sirene). Sehr geeignet ist für die früheren und nun kommenden Apparate die bekannte Zusammenstellung von Hartmann & Braun (Schulgalvanometer und -magnetometer). Für diesen Versuch nimmt man das Magnetsystem aus dem Gehäuse heraus und hängt es mit einem Faden auf einem Gasarm od. dgl. auf. Nun sagt man einige Worte über das Aufsehen, das diese Versuche erregten, über Faraday und seine Versuche, das Rätsel zu lösen. Auf diese Weise tritt auch der erste Elektriker entsprechend in den Vordergrund. Einiges aus seiner Biographie kann folgen. Und dann gibt man sofort den Versuch Faradays. Daß sich seidenumsponnene Kupferdrahtspulen für Versuche dieser Art am besten eignen, stellt man als Ergebnis der diesbezüglich gemachten Versuche hin. Und nun nimmt man am besten die Spulen aus dem erwähnten Schulgalvanometer, führt in die eine das astatische Nadelpaar ein (wobei die Anordnung des vorigen Versuches bleiben kann) und stößt in die andere Spule einen beliebigen Magnet hinein. Ein Ausschlag von etwa 10—20 Grad erfolgt und zeigt, daß von dem Magnetismus des bewegten Magneten längst des Verbindungsdrahtes der beiden Spulen irgendeine Wirkung magnetischer Art ausgegangen sein mußte.

Nun kommt eine große Zahl qualitativer Versuche, um die Grundbegriffe herauszuarbeiten und die Grunderscheinung der Entstehung eines sogenannten elektrischen Stromes (das Wort läßt man entweder unerklärt oder verweist auf den abweichenden historischen Entwicklungsgang in Kürze) klar hervortreten zu lassen. Man durchschneidet z. B. die eine Zuleitung und zeigt, daß dann keine Wirkung eintritt. Es ist nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, daß nun keine Analogie mit dem Wasserstrom vorhanden ist, der ja nicht geschlossen zu sein braucht. Dann untersucht man das Verhalten anderer Verbindungsdrähte und anderer Leiter und Nichtleiter. Diese Begriffe finden hier ihre natürliche Entwicklung. Bevor man weitergeht, braucht man stärkere instrumentelle Hilfsmittel. Nichts hindert nun, den ganzen Galvanometer- und Maschinenpark der Sammlung vorzuführen. Auf das Detail seines Baues braucht man an dieser Stelle noch nicht einzugehen; es genügt die Bemerkung, daß sich die eine Spule des Grundversuches zur Dynamomaschine, die andere zum Gal-

vanometer im Laufe der geschichtlichen Entwicklung herausdifferenziert hat. Steht Straßenstrom zur Verfügung, so kann die Bemerkung genügen, daß er auf analogem Wege erzeugt wird; noch besser ist ein Besuch der Zentrale. Die großen Maschinen sind immer leichter verständlich als die kleinen und wirken schon durch ihre Größe wie die Tatsache ihrer Leistung. Die Brücke zur Benützbarkeit der besten und geeignetsten Hilfsmittel ist damit gegeben, ohne daß irgendein Verstoß gegen die natürliche Ordnung nötig wäre.

Nun eröffnen sich verschiedene Perspektiven. Man kann entweder mit den vorhandenen Mitteln schalten und walten und alle Wirkungen und Erscheinungen des elektrischen Stromes demonstrieren, etwa zunächst in qualitativer Weise. Dann wird man allerdings der Forderung nach Entwicklung einer möglichst reinen elektromagnetischen Anschauung nicht gerecht. Will man dieses Ziel auch anstreben, so schaltet man zunächst Elektrochemie, d. h. Betrachtung des Durchganges der Elektrizität durch Flüssigkeiten und Gase, ganz aus und beschränkt sich auf Leiter erster Klasse.

Für diese Versuche wie auch für die Einführung der quantitativen Gesetze empfiehlt sich die folgende Anordnung. Als Stromquelle benützt man eine magnet-elektrische Maschine, etwa mit Siemenschem Doppel-T-Anker, die durch Vermittlung eines Vorgeleges an einen Motor angeschlossen wird<sup>1)</sup>. Als Stromempfänger nimmt man ein Drehspulinstrument mit hohem Widerstand (oder schaltet einen solchen vor). Mit dieser Anordnung kann man zunächst den Begriff des Widerstandes noch weiter verdeutlichen, indem man die Abhängigkeit des Widerstandes von Länge, Querschnitt und Material zunächst qualitativ demonstriert (dazu ist allerdings ein Instrument mit hohem Widerstand weniger geeignet). Bei allen diesen Versuchen wird zunächst ein beiläufiger Begriff des Widerstandes vorausgesetzt, wie ihn ungefähr schon der Klang des Namens erweckt. Man verweist immer wieder darauf, daß der Strom um so schwächer wird, je größer der Widerstand ist. Man variiert nun der Reihe nach die andern Faktoren ab, die auf die Größe des Galvanometerauschlages einen Einfluß üben, nämlich Tourenzahl der Maschine, Stärke des magnetischen Feldes und, wenn es die Konstruktion der Maschine erlaubt, die Windungszahl. Man findet so die doppelte Abhängigkeit der Stromstärke einerseits von der Maschine, andererseits von der Beschaffenheit der Leitung. Man weist nun darauf hin, daß alle im ersteren Sinne wirkenden Faktoren die Zahl der vom Leiter geschnittenen Kraftlinien vermehren; man kann also auch sagen, die Stromstärke hänge einerseits von der Zahl der geschnittenen Kraftlinien, andererseits vom Widerstande der Leitung ab. Die Änderung des magnetischen Feldes kann dabei schon durch Hinzuhalten eines Magneten erzeugt werden, das bei meiner Maschine eine Steigerung von etwa 5—10% der Stromstärke erzeugte; noch instruktiver würde ein Austausch der Feldmagnete wirken.

Nun kann man die Definition eines Volt und die der elektromotorischen Kraft einführen. Letztere kann zunächst nur als Ursache der Stromerzeugung bezeichnet werden; da diese, wie die Versuche gelehrt haben, von der Zahl der geschnittenen Kraftlinien abhängt, liegt es nahe, sie nach dieser Zahl zu beurteilen. Man stellt nun fest, daß der Maschine die elektromotorische Kraft von 1 Volt zukomme, wenn von allen ihren Drahtwindungen  $10^8$  Kraftlinien in der Sekunde geschnitten werden; ebenso die elektromotorische Kraft von 2 Volt, wenn  $2 \cdot 10^8$  Kraftlinien geschnitten werden usf. Diese Größe ist damit wohldefiniert.

<sup>1)</sup> Ein Elektromotor ist heute überall leicht erhältlich und verleiht nicht nur diesem Versuch ein weit höheres Maß von Präzision, so daß ein solcher nirgends fehlen sollte. Die Antriebsvorrichtungen der physikalischen Kabinette sind im allgemeinen noch etwas veraltet; Vorrichtungen zur Erzeugung von Bewegungen mit ganz bestimmten Tourenzahlen sind wichtiger als z. B. Marmor-schalttafeln.



Der zweite Begriff, dessen mathematische Definition nun notwendig wird, ist der der Stromstärke. Diese geschieht mit Hinblick auf die Konstruktion des Drehspulinstrumentes, von der nun der Schleier gelüftet werden muß. An der Hand eines geeigneten Demonstrationsinstrumentes muß insbesondere dargetan werden, daß die Proportionalität der (am Instrumente angebrachten) Skala mit dem Ablenkungswinkel (man ziehe des Vergleiches wegen einige andere Instrumente mit ungleichmäßiger Skala heran) davon herrührt, daß jener Strom als doppelt, dreifach usf. so stark gilt, auf den das Magnetfeld mit doppelter, dreifacher usf. ablenkender Kraft wirkt. Daß die Kraft der Torsionselastizität proportional dem Drehungswinkel ist, muß dem Schüler entweder anderweitig bekannt sein oder durch einen Versuch jetzt gezeigt werden. Es bestehen am Instrumente folgende Proportionalitäten, auf die aufmerksam gemacht werden muß: Der Ausschlag des Zeigers an der Skala ist proportional mit der elastischen Kraft, die auf den Aufhängefaden wirkt, diese Kraft ist aber gleich der Kraft zwischen Magnetfeld und Drehspule, der Ausschlag des Zeigers ist also proportional der Kraft zwischen Stromleiter und Magnetfeld; mißt man daher den Strom nach der Skala (die proportional dem Ablenkungswinkel ist), so heißt das soviel, als es solle jener Strom als 2-, 3-, 4mal so stark gelten, der in einem homogenen magnetischen Feld die 2-, 3-, 4mal so große Kraftwirkung ausübt. Damit ist der Verlauf der Stromfunktion definiert, d. h. der Art, wie Stromstärken miteinander verglichen werden, und es erübrigt nur noch die Feststellung der Stromeinheit, die vorläufig noch in suspenso gelassen wird.

Nun ist es an der Zeit, die Verbindung mit den mechanischen Größen herzustellen. Das geschieht nach dem Vorgang von Helmholtz durch Anwendung des Energieprinzipes. Daß der elektrische Strom eine Energie vorstellt, ist aus den früheren Versuchen klar (man spare nicht in der Verwendung von Starkstrom, wenn er zur Verfügung steht, und brenne etwa unter Kurzschluß meterlange Drähte durch); die Quelle dieser Energie kann nur in der Arbeit liegen, die der Anker der Maschine beim Passieren des magnetischen Feldes leistet. Daß hier tatsächlich Arbeit zu leisten ist, zeige man sinnenfällig durch den bekannten Versuch mit dem Waltenhofenschen Pendel. (Hat man eine größere Maschine, so kann man dieselbe leer auslaufen lassen und durch eine plötzliche Erregung der Feldmagnete rasch zum Stehen bringen.) Hat man so in handgreiflicher Weise die Arbeitsleistung der Maschine demonstriert, so legt man der weiteren Betrachtung den einfachsten Fall der Induktion zugrunde, nämlich Bewegung eines geraden Leiterstückes senkrecht auf die Kraftlinien eines homogenen magnetischen Feldes. Bedeutet  $H$  die Feldstärke,  $l$  die Länge des Leiters in cm,  $s$  seinen Weg quer durch die Kraftlinien,  $i$  die Stärke des erzeugten Stromes — in einer zunächst willkürlichen Einheit —, so beträgt die Arbeitsleistung in der Zeit  $t$   $c H l s i$ , wo  $c$  eine durch die Wahl der Einheit von  $i$  näher zu bestimmende Konstante bedeutet. Nun haben die Versuche die Abhängigkeit des  $i$  von der elektromotorischen Kraft im definierten Sinne und vom Widerstande bereits gezeigt; es läßt sich nun unter Verwendung eines Drehspulinstrumentes, eines Vorschaltwiderstandes und eines Vorgelegtes leicht zeigen, daß die Stromstärke mit der elektromotorischen Kraft genau proportional ist. Dieser Versuch läßt sich bei Änderung der Tourenzahl mit jeder wünschenswerten Exaktheit zeigen. Der Widerstand erheischt erst eine nähere Definition; man kann aber dieselbe immer so wählen, daß die Formel erfüllt wird:  $i = c_1 \frac{e}{w}$ . Man kann auch direkt am Widerstandskasten zeigen, daß diese Bedingung erfüllt ist; man stöpselt bei der letzten Versuchsanordnung etwa 1000, 2000, 3000 Ohm nacheinander; die Stromstärken, die man am Drehspulinstrument abliest, verhalten sich bei konstanter Tourenzahl verkehrt proportional. Auch dieser Versuch ist eines hohen Grades von Exaktheit fähig (Widerstand der Maschinenwicklung und Zuleitung kann bei Wahl hoher Widerstände vernachlässigt werden);

er zeigt zwar noch nicht, wovon der Widerstand abhängig ist, aber doch, daß obige Formel angesetzt werden kann. Setzt man nun diese Formel für  $i$  in die frühere für die Größe der von der Maschine geleisteten Arbeit ein, und bedenkt man, daß dieser Betrag zugleich die Größe der erzeugten Stromenergie vorstellt, so erhält man die fundamentale Formel für die letztere:  $\text{Energ.} = \frac{c c_1 H l s e}{w}$  oder auf die Sekunde bezogen:  $\frac{c c_1 H \cdot l s e}{w t}$ . Setzt man hierin für  $e$  nach der Definition ein, so ist die Energie gleich  $\frac{c c_1 H \cdot l \cdot s \cdot H \cdot l s}{10^8 \cdot w \cdot t^2} = 10^8 \frac{c c_1 e^2}{w}$  Erg. Nun wählt man die Konstanten so, daß diese Arbeit pro Sekunde gleich 1 Joule wird. Dies erreicht man dadurch, daß man  $c = 1/10$  und  $c_1 = 1$  wählt<sup>2)</sup>. Dann wird die Energie des Stromes gleich  $10^7 \cdot \frac{e^2}{w}$  Erg. oder  $\frac{e^2}{w}$  Joule. Da die Formel des Ohmschen Gesetzes nach obigem nun  $i = \frac{e}{w}$  lautet, so erhält man für obigen Ausdruck auch  $e i$  als die pro Sekunde geleistete Arbeit in Joule.

Durch die hier vorgenommene kleine Umstellung bekannter Entwicklungen erhält man also den wichtigen Ausdruck für die Stromenergie und aus ihm die Beziehung der Größe  $e$  zur mechanischen Arbeit.

Gerade dieses Moment scheint mir besonders für den hier empfohlenen Weg zu sprechen. Die Einführung des Potentialbegriffes auf dem Wege über die Elektrostatik scheint mir doch trotz aller Mühe, die man sich gegeben, etwas prekär zu sein. Die Versuche entbehren der wünschenswerten Exaktheit oder sind doch nicht ganz leicht auszuführen; der theoretische Weg erfordert eine Reihe sublimer Überlegungen, und schließlich hat man doch nur den Ausdruck für die Energie einer Leidnerflasche abgeleitet, und die Übertragung desselben auf den elektrischen Strom begegnet erneuten Schwierigkeiten. Warum der eine Ausdruck den Faktor  $1/2$  hat, der andere nicht, will schon manchen schweren Köpfen nicht recht einleuchten; was aber die Hauptsache ist, bei der langen Herleitung ist am Ende derselben der Anfang nicht mehr so recht im vollen Bewußtsein, d. h. der Zusammenhang zwischen elektrischer und mechanischer Energie wird nicht genügend klar<sup>3)</sup>.

Aus dem Ausdruck für die Stromenergie erhält man natürlich sofort den für das Joulesche Gesetz durch einfache Umrechnung der Konstanten. Dagegen muß noch die Ableitung des Ohmschen Gesetzes vervollständigt werden, d. h. es muß die Abhängigkeit des Widerstandes von Querschnitt, Länge und materieller Beschaffenheit festgestellt und die Anwendbarkeit des Ohmschen Gesetzes auf Teile von Stromkreisen gezeigt werden.

Da von den Etalons des Widerstandskastens bereits gezeigt worden ist, daß sie der Definition entsprechen (bis auf die absolute Größe der Einheit, die aus der Form des Ohmschen Gesetzes definiert und durch einen Wärmeversuch experimentell festgestellt werden kann), so kann man sie als Definition des Widerstandes wählen und durch die gewöhnlichen Widerstandsmessungen die obigen Abhängigkeiten feststellen. Es ist aber auch direkte Bestimmung der Abhängigkeiten möglich. Man nimmt dünnen Konstantendraht und führt ihn einigemal über die Länge des ganzen Experimentiertisches. (Wegen des Widerstandes der magnetelektrischen Maschine muß der Draht möglichst großen Widerstand haben, um eben ersteren nicht in Rechnung ziehen zu müssen.) Man kann so zeigen, daß ein doppelt so langer Draht doppelten Widerstand hat, ein doppelt so dicker (ein zweimal genomener Draht) einen halben usf. Im Anschluß daran wird die Größe eines Ohm bekannt gegeben

<sup>2)</sup> Die dieser Konstanten entsprechende Einheit der Stromstärke erhält den Namen 1 Ampere.

<sup>3)</sup> Für den Unterricht ist es im allgemeinen vorteilhafter, die Konstanten der obigen Formeln gleich in ihren nachherigen speziellen Werten 0,1 und 1 einzuführen.



Nun muß auch die Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes für Teile eines Stromkreises gezeigt werden. Das ist hier um so wichtiger, als der Begriff des  $e$  noch nicht den Hinweis auf den Spannungsabfall enthält. Diese Ergänzung muß vielmehr erst hinzukommen. Das geschieht durch Versuche mit dem Gleitdraht der Wheatstoneschen Brücke und einem Millivoltmeter<sup>4)</sup>. Man kann hier mit ganz kleinen Spannungen arbeiten und erspart besondere Anordnungen, wie sie z. B. von Grimsehl angegeben worden sind. Dabei sind die Versuchsergebnisse sehr exakt. Durch den Draht fließt ein Strom von 1, 2, 3 . . . Amp.; die eine Klemme des Voltmeters verbindet man mit dem einen Ende des Drahtes, die andere mit der Brücke. Man beweist mit dieser Anordnung unmittelbar die Gleichung des Ohmschen Gesetzes in der Form  $e = wi$ , indem die Spannungsdifferenz zweier Punkte des Drahtes sich als proportional sowohl mit der jeweiligen Stromstärke als auch mit dem Widerstand des eingeschalteten Drahtstückes erweist. Von da aus ergeben sich dann sofort die Kirchhoffschen Gesetze. Die Verwendung des Ohmschen Gesetzes zur Messung von Stromstärke, Spannung und Widerstand schließt sich an.

Auf diese Weise lassen sich die Hauptgesetze der Lehre vom elektrischen Strom im streng logischen Zusammenhang einführen. Das Induktionsgesetz (die Formel für die e. K. einer Dynamo), das Ohmsche Gesetz, das Joulesche Gesetz und die Kirchhoffschen Gesetze ergeben sich zugleich mit den wichtigsten praktischen Grundeinheiten. Es ist ein großer Vorteil für den Gang des Unterrichtes, daß diese wichtigen begrifflichen Hilfsmittel frühzeitig verwendet werden können. Der ganze spätere Unterricht kann sich nun auf ein anschauliches Zahlenmaterial stützen und gewinnt sehr an Präzision.

Es folgt nun die Entwicklung der übrigen Teile der Lehre vom elektrischen Strom und vom Elektromagnetismus, wie die verschiedenen Zeichenregeln, das magnetische Feld eines linearen Leiters, Diamagnetismus, technische Anwendungen usf.

Ein besonderer Vorteil dieser Anordnung besteht auch darin, daß sie frühzeitig den Weg zum Wechselstrom öffnet. Man kann beide Stromarten zugleich einführen; die magnetelektrische Maschine erlaubt zugleich durch Schleifringe die Entnahme von Wechselstrom, und man kann darauf verweisen, daß jeder Maschinenstrom ursprünglich Wechselstrom liefert. Wie weit und an welcher Stelle man in die Wechselstromerscheinungen eingehen will, bleibt dabei dem persönlichen Belieben anheimgestellt und wird sich im allgemeinen nach den örtlichen Verhältnissen richten. Jedenfalls werden Transformator, Induktionsapparat, Mikrophon und Telefon an dieser Stelle zu besprechen sein, ebenso die Verhältnisse bei der Kraftübertragung. Wechselströme mit hoher Frequenz, ebenso elektrische Wellen können hingegen jetzt noch nicht eingeschaltet werden, da sie den Begriff der Kapazität aus der Elektrostatik erfordern.

Den Übergang zur Elektrostatik, die nun an die Reihe kommen muß, vermitteln die Erscheinungen hochgespannter Elektrizität am Induktionsapparat. Man richtet ihn so ein, daß kein Funkenübergang stattfindet; dann erscheint auf der einen Klemme das positive Büschellicht, auf der negativen das Glimmlicht. Sodann wird die abstoßende Wirkung der Klemmen auf Ballons gezeigt und das Elektroskop, eventuell das Quadrantenelektrometer vorgeführt. Daran schließt sich eine Reihe von Versuchen

<sup>4)</sup> Ich benütze zu diesen wie zu den vorigen Versuchen ein Präzisionsmillivoltmeter der Firma Hartmann & Braun mit 5 Ohm Widerstand, dessen Zehnteilstriche und Zeiger über besondern Wunsch von der Firma stärker als in der normalen Ausführung dimensioniert wurden, so daß in mäßigen Lehrzimmern das Instrument auch zu Demonstrationszwecken verwendet werden kann. Seine Genauigkeit beträgt 0,1 %. Sonst kann es als Normalinstrument zur Messung von Stromstärken wie Spannungen (mittels Nebenschlusses bzw. Vorschaltwiderstandes) dienen. Noch empfehlenswerter dürfte 1 Ohm als Widerstand sein. Für größere Lehrzimmer kann das Demonstrationsmilliamperemeter derselben Firma Verwendung finden.

aus der Elektrostatik an, die man eben für wichtig genug hält. Der wichtigste Begriff auf diesem Gebiete ist der der Kapazität, der entsprechend eingeführt und erläutert werden muß. Das Coulombsche Gesetz erscheint bei dieser Anordnung recht wohl entbehrlich und ebenso auch manches andere. Das ist ein Vorteil, weil der Erwerb neuer Gebiete notwendigerweise zu einer gewissen Beschränkung der alten führen muß. Wer aber dieser Ansicht nicht ist, kann ebensogut an dieser Stelle in altgewohnter Weise verfahren, indem er etwa auch gleich die Reibungselektrizität einführt und den gewohnten Gang der Lehrbücher geht.

Durch die Hinzufügung der Elektrostatik erreicht das System der Elektrizität einen gewissen Abschluß. Die Thermoelektrizität bildet ein Grenzgebiet gegen die Wärme, der Durchgang der Elektrizität durch Flüssigkeiten und Gase ein solches gegen die Chemie. Der Galvanismus, d. h. die Besprechung der chemischen Elektrizitätsquellen, fällt in die Elektrochemie hinein, die zweckmäßig mit der Vorführung der chemischen Stromwirkung und deren Gesetzen begonnen wird. Daran schließt sich die Umkehrbarkeit der chemischen Stromwirkung, d. i. die Polarisation und die Akkumulatoren, hieran etwa die Betrachtung des Prozesses im Daniellschen Element, auf dessen Umkehrbarkeit auch verwiesen werden möge, und schließlich die Betrachtung der andern galvanischen Elektrizitätsquellen an. Wie bei der Induktion kann auch beim galvanischen Element die Energiebetrachtung nach Helmholtz zur Herleitung seiner elektromotorischen Kraft aus chemischen Konstanten benützt werden.

An den Durchgang der Elektrizität durch Flüssigkeiten, die bereits eine Ahnung des innigen Zusammenhangs zwischen Elektrizität und Materie aufkommen läßt, schließe man dann das neue Kapitel des Elektrizitätsdurchgangs durch Gase an. Die Vakuumskala, die Eigenschaften der Kathodenstrahlen, Röntgen- und radioaktive Strahlen und die Rückwirkung dieser Lehren auf unsere Erkenntnis vom Baue der Materie müssen hier ihren Platz finden.

Den Schluß der Elektrizitätslehre können, falls akustischer Unterricht vorgegangen ist, die elektrischen Wellen bilden. Vorführung des Thomsonschen Schwingungskreises, Einfluß von Kapazität und Selbstinduktion auf die Länge der Wellen<sup>5)</sup>, Sichtbarmachung derselben durch die Leuchtwirkung hochgespannter Elektrizität und Demonstration der Anwendung für die Wellentelegraphie können etwa den Stoff bilden, mit dem im Zusammenhang sich einiges aus der Lehre vom Wechselstrom sagen läßt, falls dies nicht schon früher der Fall gewesen. —

Das ist so ungefähr der Gang, wie ich ihn mir für einen systematischen Unterrichtsgang in der Elektrizitätslehre denke. Die Vorteile, die er bietet, bestehen in theoretischer Hinsicht darin, daß er einen viel geschlosseneren Aufbau der Grundgesetze erlaubt, der auch leichter verständlich ist, und daß er zunächst einen Überblick über den eigentlichen Elektromagnetismus gibt. Das verschafft meines Erachtens auch einen erhöhten Einblick in den Zusammenhang zwischen Elektromagnetismus und Chemie, der namentlich durch die Entdeckungen der letzten Jahre so wichtig geworden ist. Nicht geringer sind die Vorteile in praktischer Beziehung. Dazu gehört vor allem, daß die wichtigsten Teile der Elektrizitätslehre in den Vordergrund rücken, das praktische Maßsystem ohne Sprünge sofort am Anfang des Unterrichtes eingeführt und dann während des ganzen übrigen Unterrichtes benützt werden kann und in technisch-experimenteller Richtung die Vorführung der nötigen Experimente wesentlich einfacher und exakter und, weil mit vielgebrauchten Instrumenten der Elektrotechnik möglich, auch billiger sich gestaltet. Dies gilt insbesondere von Orten mit Starkstromanlagen. Auch in didaktischer Beziehung scheint mir dieser Weg leichter zu sein; die Berücksichtigung des elektrostatischen und elektromagnetischen

<sup>5)</sup> Man arbeitet am besten mit Oudinschem Resonator ohne Hochspannungstransformator.



Systems kann ganz wegbleiben und ebenso kann (aber muß nicht) eine Reihe von minder wichtigen Tatsachen aus den älteren Teilen der Elektrizitätslehre ganz fallen gelassen werden.

Im Zusammenhang damit möchte ich noch eine Lanze für das Streichen von allerhand Antiquitäten aus dem physikalischen Unterricht einlegen. Ein Unterschied zwischen Volta- und Magnetoinduktion hat heute keinen Sinn mehr; eine Spitzenwirkung tritt nur bei Spannungen von über etwa 2000 V. ein; die Angaben über Leitfähigkeit der Luft verlangen entsprechende Korrektur; die Erklärung der Influenzmaschine ist ohne Eingehen auf das Verstärkungsprinzip unzulänglich<sup>6)</sup> usf. Noch mehr veraltete Angaben finden sich in den Übungsaufgaben, die namentlich auf elektrischem Gebiete dringend einer Modernisierung bedürftig sind.

## Einige chemische Vorlesungsversuche.

Von

Prof. C. Zenghelis in Athen.

Diese Versuche sind teils neu, teils Abänderungen bekannter Vorlesungsversuche, welche ich in meiner Praxis als leichter ausführbar oder zweckmäßiger gefunden habe. Auch sind einige bei anderer Gelegenheit schon von mir publiziert worden (bei analytischen oder physikalisch-chemischen Untersuchungen) und erst jetzt in der Form von Vorlesungsversuchen zusammengestellt.

### 1. Demonstration-des Faradayschen Gesetzes.

Für diese Demonstration hat LÜPKE<sup>1)</sup> eine Anordnung vorgeschlagen, wonach in den Kreis eines Stromes mehrere Salzlösungen eingeschaltet und nach Verlauf von 30 Minuten die Platinelektroden mit den verschiedenen Niederschlägen abgespült, getrocknet und gewogen werden. Diese Anordnung, welche viel Zeit in Anspruch nimmt und mit vielen Manipulationen und Wägungen verknüpft ist, ist als Vorlesungsversuch nicht geeignet.

Ich benutze für denselben Zweck folgenden Apparat (Fig. 1), welcher aus zwei Paar durch die Hähne *a* und *b* kommunizierenden Röhren *A, B* und *A', B'* besteht. In jede Röhre wird bei offenem Hahn eine  $\frac{1}{10}$  N.-Lösung von geeigneten Alkalisalzen — z. B. Kalium- und Natriumsulfat — hineingetan. Bei den Lösungen wird dieselbe Quantität von Lackmustinktur oder besser Phenolphthalein zugefügt. Eine ähnlich präparierte und mit derselben Quantität Lackmüstinktur — wenn man mit diesem Indikator arbeitet — versetzte Lösung behält man in einem Becherglase zur späteren Kontrolle der Farbe. Man leitet jetzt einen ziemlich starken Strom durch beide Röhrenpaare. Hat man Lackmus benutzt, so werden die Röhren, welche die Kathode enthalten blau, die anderen rot, bei Phenolphthalein rot bzw. farblos.

Wenn die Farbe schon ziemlich intensiv geworden ist, was nach Verlauf von 2—4 Minuten geschieht, schließt man beide Hähne und unterbricht den Strom. Sind

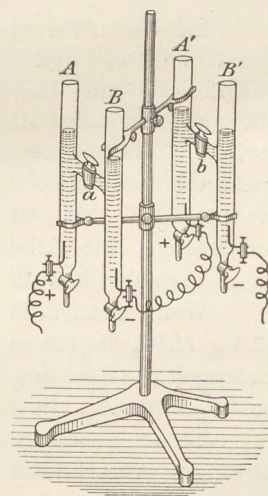


Fig. 1.

<sup>6)</sup> Wie die Influenzmaschine zu behandeln sei, ersieht man z. B. aus Heinke, Handbuch der Elektrotechnik, 1. Bd., S. 380 f.

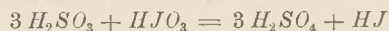
<sup>1)</sup> Lüpke, Grundzüge der Elektrochemie, 4. Aufl., 1903, S. 39.

jetzt die in diesen Röhren freigewordenen Quantitäten von Säuren und Basen, entsprechend dem Faradayschen Gesetze, äquivalent, so muß die in *B* freigewordene Säure die Base der Röhre *A'* genau neutralisieren. Dasselbe gilt für die in *A* und *B'* freigewordene Säure bzw. Base.

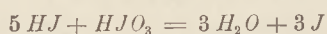
Um dasselbe zu prüfen, entleert man die Inhalte der Röhren *A* und *B'* bzw. *B* und *A'* und mischt sie in einem Glasbecher, nachdem man die Röhren von oben mit Wasser gut abgespült hat. Wenn Lackmus gebraucht wurde, so nehmen beide Lösungen die ursprüngliche Farbe wieder an. Beim Phenolphthalein wird die Lösung wieder farblos. In diesem Falle setzt man etwas Lackmustinktur zu und beweist, daß die Lösungen auch nicht sauer geworden sind.

## 2. Versuch zur Veranschaulichung der positiven sowie der negativen Katalyse und der Säurestärke.

Zu diesem Zweck kann man sehr zweckmäßig die von LANDOLT<sup>2)</sup> besonders untersuchte Reaktion der Jodsäure auf schweflige Säure benutzen, deren Ende sich überraschend scharf durch die plötzliche Abscheidung von Jod konstatieren läßt. Diese Reaktion wird durch die Anwesenheit von Säuren beschleunigt und, wie es scheint, findet eine Art von Autokatalyse statt, indem die durch die anfangs stattfindende Reaktion



entstehende große Menge von Wasserstoffionen die nachherige Reaktion



so stark beschleunigt, daß genug Jod auf einmal frei wird, um die Jodstärkereaktion scharf und rasch herbeizuführen.

Ferner haben manche Stoffe, und zwar manche Gifte, wie Quecksilber oder Cyanverbindungen, die Eigenschaft, die Reaktion zu vergiften, d. h. sie bedeutend zu verzögern, indem sie einen leicht zur Anschauung zu bringenden Fall von negativer Katalyse bieten.

Zu diesen Versuchen ist folgendes erforderlich: einige Reagierkelche von 250 ccm Inhalt, ein Paar zylindrische Bechergläser von 125—150 ccm Inhalt, welche man innen paraffiniert, um das Ausgießen vollständig zu bewirken; man füllt sie mit genau 100 ccm und zeigt die Höhe des Wassers von außen durch einen Strich an. Man stellt sich ferner geeignete Lösungen von schwefliger Säure und Jodsäure her, so daß nach deren Mischung zu gleichen Volumen die Reaktion innerhalb 30—50 Sekunden eintritt. Will man die Reaktionsgeschwindigkeit der Säuren prüfen, so wählt man am besten eine Zeitdauer von 50—60 Sek., dagegen eine solche von 20—40 Sek., wenn man die Reaktionsverzögerung vorzuführen beabsichtigt.

Wenn man z. B. 6,4 g schweflige Säure in einem Liter verdünnt und ebenso 17,8 g  $HJO_3$  in einem Liter (d. h. je 1 Mol.  $SO_2$  und  $HJO_3$  in 10 l Wasser), so vollzieht sich die Reaktion in 38,28 Sek.<sup>3)</sup> Denn, werden dieselben Quantitäten in je 750 ccm gelöst, so dauert die Reaktion 18,95 Sek. und, wenn in 1,250 ccm, so 68,78 Sek.

Ferner braucht man eine frisch bereitete Stärkelösung und verschiedene Lösungen von Säuren, Basen, Quecksilberverbindungen usw. von bekannter Konzentration.

Um nun die Reaktionsgeschwindigkeit der Säuren zu prüfen, füllt man sechs von den paraffinierten Bechergläsern mit je 100 ccm von der vorbereiteten Schwefligsäurelösung und versetzt noch mit 10 ccm Stärkelösung. Sechs gleiche Bechergläser füllt man mit 100 ccm der Jodlösung und setzt noch zu zu dem

<sup>2)</sup> Berl. Ber. 19, 1317; 20, 745.

<sup>3)</sup> Berl. Ber. 19, 1317.



- I. 10 ccm Wasser
- II. 9 - Wasser und 1 ccm  $HCl$  0,1 N.
- III. 5 - - - 5 -  $HCl$  0,1 N.
- IV. 9 - - - 1 -  $HCl$  1 N.
- V. 8 - - - 2 -  $HCl$  1 N.
- VI. 4 - - - 6 -  $HCl$  1 N.

Man gießt je zwei Gläser von beiden Reihen zu gleicher Zeit in einen Reagierkelch, rührt 2—3 Sekunden mit einem Glasstab um und zählt die Zeit mittels eines Chronometers, das man in dem Augenblick des Ausgießens auslöst.

Bei einem solchen Versuch habe ich z. B. folgende Zeitdauer gefunden.

	Sek.
Mischung mit Nr. I . . . . .	52
- II . . . . .	47,50
- III . . . . .	32
- IV . . . . .	25
- V . . . . .	13
- VI . . . . .	4,50

Will man die verschiedene Stärke der Säuren zeigen, so nimmt man verschiedene Säuren äquivalenter Konzentration und untersucht sie wie oben.

Wir beschreiben einen solchen Versuch.

Die erste Reihe von Gläsern wurde mit 100 ccm Schwefligsäure und 10 ccm Stärkelösung gefüllt. In der zweiten hatten wir 100 ccm Jodsäurelösung und ferner

	Zeitdauer in Sek.
10 ccm Wasser . . . . .	51,50
9 - Wasser und 1 ccm $HCl$ 1 N. . . . .	25
9 - - - 1 - $HNO_3$ 1 N. . . . .	25,50
9 - - - 1 - $H_2SO_4$ . . . . .	27
9 - - - 1 - $C_2H_4O_2$ . . . . .	50,50

Die Zahlen der letzten Kolonne geben die zur Reaktion nötige Zeit an.

Man versucht weiter mit Basen und Quecksilbersalzen, wobei eine bedeutende Reaktionsverzögerung eintritt. Wir führen als Beispiel einen Versuch mit Quecksilberchlorid an. Die erste Reihe von Gläsern enthält die schweflige Säure (100 ccm) und die Stärkelösung (10 ccm). In der zweiten hatten wir je 100 ccm Jodsäurelösung und

	Zeitdauer in Sek.
10 ccm Wasser . . . . .	51,50
9 - Wasser und 1 ccm Quecksilberchloridlösung (1 Mol. in 80 l) . . . . .	71
8 - - - 2 - - - - . . . . .	97
7 - - - 3 - - - - . . . . .	140
6 - - - 4 - - - - . . . . .	180
5 - - - 5 - - - - . . . . .	270—280
2 - - - 8 - - - - . . . . .	selbst nach 20 Min. nicht.

Man kann diesen Versuch auch sehr schnell ohne Zeitmessung ausführen. Man nimmt drei Paare von Bechergläsern, welche gleiche Volumen Jodsäure bzw. Schwefligsäurelösung mit Stärkelösung enthalten. Andererseits nimmt man drei (I, II, III) Reagierkelche, von welchen I mit 1—2 Tropfen konz. Quecksilberlösung, III mit 1—2 Tropfen Mineralsäure versetzt ist. Man mischt den Inhalt der Gläser im Kelche I, II, III nacheinander und bemerkt, daß die Reaktion zuerst im Kelch III zu Ende kommt, nach einigen Sekunden in II und schließlich auch in I, trotzdem diese Kelche in umgekehrter Reihenfolge mit den entsprechenden Lösungen versetzt waren.

### 3. Entzündung eines Gemenges von Schwefelkohlenstoffdämpfen mit Stickoxyd.

Statt diesen Versuch, wie gewöhnlich, in einem geräumigen Glaszylinder zu machen und mit einem brennenden Fidibus die Anzündung zu bewirken, wobei es

manchmal vorkommt, daß durch mangelhafte Mischung der Schwefelkohlenstoffdämpfe mit dem Stickoxyd das Experiment mißlingt, kann man ihn in einfacher Weise, wie folgt, ausführen. Man füllt einen  $1\frac{1}{2}$ —2 l fassenden weithalsigen Kolben mit Stickoxyd und deckt ihn mit einer Glasplatte zu. Dann lüftet man die Platte ein wenig, um 1—2 ccm Schwefelkohlenstoff hineinzugiessen, setzt die Flasche auf ein Sandbad und erwärmt bis zum Sieden des Schwefelkohlenstoffs. Man entfernt alsdann den Brenner, nach einigen Sekunden die Glasplatte und nähert am Hals des Kolbens die Flamme eines Brenners. Die Entzündung erfolgt augenblicklich und in glänzender Weise.

#### 4. Verbrennung von Schwefelkohlenstoffdämpfen in Sauerstoff.

Man führt gewöhnlich in den Vorlesungen diese Verbrennung in der Form einer Explosion vor, ein Experiment, welches zu den geräuschvollsten, mehr oder weniger gefährlichen und weniger belehrenden gehört.

In sehr ruhiger Weise kann man den Versuch in einem dazu eingerichteten kleinen Apparat gefahrlos ausführen.

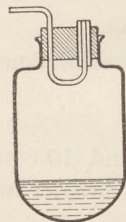


Fig. 2.

Diesen Apparat stellt man sich sehr leicht aus einer gewöhnlichen Musterflasche für chemische Präparate mit abgerundetem Boden her (Fig. 2). Der Stopfen derselben wird zweimal durchbohrt. Durch die eine Bohrung geht ein 4—5 cm langes, 1 cm breites Messing- oder besser Silber- oder Porzellanrohr, durch die zweite ein engeres umgebogenes und, wie aus der Figur ersichtlich ist, in ersteres wieder hineingehendes Messingröhrchen, welches mit einem Sauerstoffgasometer in Verbindung ist. Man setzt den Apparat auf ein Wasserbad und erwärmt langsam.

Wenn der Schwefelkohlenstoffdampf die Öffnung des Apparates erreicht, entzündet man ihn und leitet Sauerstoff aus dem Gasometer hinzu. Die Dämpfe brennen mit einer langen, äußerst intensiven hellblauen Farbe.

#### 5. Nachweis der hohen Temperatur bei der Verbrennung von Aluminium in Sauerstoff<sup>4)</sup>.

In einen runden bis zum Rotglühen vorher erwärmten hessischen Tiegel schüttet man von Zeit zu Zeit Aluminiumpulver und läßt dasselbe in lebhaftem Sauerstoffstrom brennen. Der Sauerstoff wird direkt aus einer Bombe geleitet. Die so erhaltene Temperatur, mindestens so hoch als die des elektrischen Bogens, erlaubt, folgende Erscheinungen zu beobachten.

Das Aluminium kocht zischend. Ein dicker Eisenstab, z. B. ein großer Nagel, schmilzt beim Eintauchen sofort. Ein Stückchen starkes Platinblech oder Platindraht schmilzt auch und verdampft teilweise, wenn man es in den Tiegel wirft.

Wenn man den Sauerstoff während einiger Minuten auf einen und denselben Teil des schief gelegenen Tiegels führt, so schmilzt derselbe und wird durchlöchert. Magnesia und Kalk, in gepreßter Pulverform und in kleinen Portionen hineingeworfen, schmelzen sofort und verdampfen teilweise, während der größte Teil sich mit Aluminiumoxyd zu Kalzium- und Magnesiumaluminat verwandelt.

Die rasche Verbrennung wird auch von außerordentlich hellem Licht begleitet, und man kann damit so gut wie mit Magnesiumlicht, bei schief gelegenen Tiegel, Momentaufnahmen erhalten.

Ersetzt man bei der raschen Verbrennung den Sauerstoff schnell durch Stickstoff, so verbindet sich dieser direkt mit Aluminium zu Aluminiumnitrid, welches, nach dem Erkalten mit Wasser behandelt, Ammoniakgas entwickelt. Ersetzt man es

<sup>4)</sup> Vgl. Zenghelis, Chemische Reaktionen bei extrem hohen Temperaturen. Zeitschr. f. phys. Chem. 46, 287 (1903).



durch Stickoxyd oder Stickoxydul, so brennt das Aluminium weiter, indem sich wieder Aluminiumnitrid bildet. Ebenso brennt es weiter beim Vertauschen des Sauerstoffs mit Kohlenoxyd oder -dioxyd. Die Verbrennung in ersterem geschieht in lebhafterer Weise. Bei der Verbrennung in diesen beiden Gasen verbindet sich ein kleiner Teil des Kohlenstoffs der dissoziierten Gase zu Aluminiumkarbid, und dies gibt, nach dem Erkalten mit Wasser behandelt, Methan. Der in Überschuß zugeleitete Sauerstoff wird bei dieser höchsten Temperatur teilweise (der van 't Hoff'schen Regel gemäß) in Ozon übergeführt. Zu dessen Nachweis saugt man durch eine weite Röhre mittels eines Aspirators den Sauerstoff aus der Öffnung des Tiegels und läßt ihn durch eine mit Jodkaliumstärkelösung versehene Waschflasche durchgehen. Beim Durchgang der ersten Blasen wird die Flüssigkeit blau.

Bei allen diesen Versuchen mit Aluminium ist es ratsam, blaue Augengläser zu benutzen.

#### 6. Versuche mit Wasserstoff.

Durch diese Versuche wird gezeigt: 1. daß der Wasserstoff in statu nascendi stärker reduzierend wirkt; 2. daß Platin und Palladium Wasserstoff okkludieren, und daß der okkludierte Wasserstoff wie in statu nascendi wirkt; 3. Wasserstoff im allgemeinen nachgewiesen wird. Zu allen diesen Versuchen habe ich folgendes Reagens benutzt, welches ich zuerst zum Nachweis des Zinnchlorürs bei der volumetrischen Bestimmung des Eisens benutzt habe<sup>5)</sup>.

Das Reagens wird auf folgende Weise bereitet. 1 g Molybdäntrioxyd wird in verdünnter Natronlauge gelöst, verdünnte Salzsäure in geringem Überschuß hinzugefügt und die Lösung mit Wasser auf 200 ccm verdünnt.

Das so bereitete Reagens wird durch gewöhnlichen Wasserstoff gar nicht, durch solchen in statu nascendi sofort und glatt zum blauem Molybdänmolybdat reduziert. Man zeigt es, indem man das Reagens etwas stärker ansäuert und eine Spur von Eisen-, Zink- oder Zinnfeilspänen hinzufügt. Es tritt sofort die blaue Farbe hervor.

Dieselbe Reaktion zeigt der okkludierte Wasserstoff ebenfalls. Um das zu zeigen, erwärmt man während 2—3 Minuten bei etwa 100° ein Stück Palladium- oder Platinblech in einer Röhre, durch welche man Wasserstoff leitet, bringt dann das Blech in ein Reagierglas, welches einige ccm Molybdänsäurereagens enthält und erwärmt ganz leicht. Die Flüssigkeit färbt sich bald je nachdem hell- oder tiefblau.

Daß diese Okklusion ebenfalls stattfindet, wenn das Metall auch in eine kalte oder besser warme Flüssigkeit eingetaucht sich befindet, durch welche Wasserstoff geleitet wird, beweist man in folgender Weise<sup>6)</sup>. Ein dünnes, mehrmals zusammengewickelter, 5—8 cm breites und gut ausgeglühtes Platinblech oder besser Platindrahtnetz wird in eine gebogene Glasröhre gebracht. Durch diese Röhre wird Wasserstoff in warmer Molybdänlösung, welche in einem Reagierglas oder -kelch enthalten ist, geleitet. Die Lösung wird bald blau.

Auf diese Weise kann man die Existenz des gewöhnlichen Wasserstoffs leicht und anschaulich — selbst wenn er nur in kleinen Spuren vorhanden ist<sup>7)</sup> — nachweisen:

Dieselbe Reaktion kann man ebensogut als eine äußerst empfindliche Reaktion des Zinns (Nachweis von kaum 0,000001 g Zinn) brauchen. Man löst etwas Zinnfolie in konzentrierter Chlorwasserstoffsäure, filtriert und bringt einen Tropfen in einen Reagierkelch, welcher dieses Molybdänsäurereagens enthält. Es tritt sofort eine schöne Blaufärbung ein.

<sup>5)</sup> Zur volumetrischen Bestimmung des Eisens und Zinns. Berl. Ber. 34, 2046.

<sup>6)</sup> Zenghelis, Eine empfindliche Reaktion auf Wasserstoff. Zeitschr. f. anal. Chem. 49, 730.

<sup>7)</sup> Ebenda 731.

## 7. Eine empfindliche Reaktion auf Quecksilber.

Als eine äußerst empfindliche Reaktion auf Quecksilber und Quecksilberverbindungen, bei welcher man auch die Bildung beider Formen — gelb und rot — des Quecksilberjodids aus den Bestandteilen nebeneinander sieht, empfehle ich zur Ausführung bei Vorlesungen die folgende, die ich zuerst zum Nachweis von Quecksilber in ganz geringen Mengen im Harn benutzt habe<sup>8)</sup>.

Man bringt eine Spur von Quecksilber — oder Quecksilbersalz, mit etwas Soda oder Cyankalium gemischt — in ein absolut trockenes Reagierglas. Man löst andererseits 1 g Jod in 4 ccm absolut wasserfreiem Äther auf und zeichnet mittels einer feinen Gänsefeder mit dieser Lösung im Innern des Glases einen schmalen Ring von  $1\frac{1}{2}$ —2 cm Breite oberhalb der Substanz. Gleich über denselben legt man von außen um die Röhre einen Ring von nassem Filtrierpapier und verschließt die Röhre leicht durch Watte. Die Substanz wird dann vorsichtig erhitzt, bei einer fast horizontalen Lage des Reagierglases, wobei die entweichenden Quecksilberdämpfe mit dem Jod ringsum rotes und gelbes Jodid bilden.

Hauptbedingung zum Gelingen der Reaktion ist absolute Trockenheit des Glases sowie der benutzten Materialien.

## Optische Schülerübungen.

Von

Michael Salzer, Gymnasialprofessor in Bistritz, Siebenbürgen.

Im allgemeinen gehören die optischen Schülerversuche zu den einfachen und leicht durchführbaren, wenn der Übungsraum eine gute Verdunklungsvorrichtung besitzt, da die meisten Experimente in dem verdunkelten Zimmer vorgenommen werden müssen. Von Vorteil ist es, wenn mehrere, voneinander unabhängige Sonnenlichtbündel dargestellt werden können, damit gleichzeitig mehrere Gruppen mit Linsen und Prismen Versuche ausführen können.

Im folgenden sind einige optische Schülerversuche beschrieben, wobei die hierzu notwendigen Apparate genau angegeben werden. Bemerkt sei, daß als Lichtquelle elektrische, mit kleinen Akkumulatoren versehene Taschenlampen besonders gute Dienste tun, deren Brenndauer mehrere Stunden währt, und die dann wieder leicht gefüllt werden können. Der Gebrauch dieser Lichtquellen erweist sich deshalb als vorteilhaft, weil sie der einzelne Schüler, ohne die andern zu stören, zur Beleuchtung seines Heftes benützen kann, und weil die Lichtstrahlen bei einigen Versuchen leicht abgeblendet werden können.

Wenn die Übungen einen flotten, erfolgreichen Fortgang nehmen sollen, so ist es notwendig, daß die Schüler in gleicher Front, d. h. dieselbe Arbeit gleichzeitig, durchführen. Hat eine Klasse z. B. 20 Schüler, so läßt man abwechselnd je eine Hälfte an einem Nachmittag arbeiten. Je zwei Schüler bilden eine Arbeitsgruppe, so daß gleichzeitig an fünf Tischen gearbeitet wird. Zu dem Zweck erweist es sich als notwendig, daß alle Schülerapparate in fünffacher Auflage vorhanden sind. Die Anschaffungskosten sind im Vergleich zu dem großen Gewinn, der sich für den Schüler aus den Übungen ergibt, gering. Sämtliche Apparate, die zu den hier geschilderten optischen Versuchen notwendig sind, kosten in fünffacher Anzahl ungefähr 260 Kronen.

## 1. Aufgabe. Reflexion des Lichtes.

Apparate: Planspiegel, Millimeterstab, Zirkel, Lineal, Winkelmesser, optische Bank, zwei konvexe Linsen, Kerze, Schirm, Blende.

<sup>8)</sup> Zeitschr. f. anal. Chem. 43, 504 (1904).



Der Schüler zeichnet zwei senkrecht sich schneidende Geraden und setzt den Transporteur auf den Schnittpunkt derselben. Auf den Winkelmesser stellt er den Planspiegel lotrecht so ein, daß die eine Spiegelkante in dem Mittelpunkt des Transporteurs steht. Eine Drehung des Spiegels um diese Kante, z. B. um  $35^\circ$ , hat eine Drehung des Bildes der vor dem Spiegel befindlichen Kerze um  $70^\circ$  zur Folge.

Ebenso läßt sich leicht mittels des angelegten Millimeterstabes die Entfernung der virtuellen Spiegelbilder messen und zeigen, daß jede Parallelverschiebung des Spiegels eine doppelt so große Entfernung des Körpers und seines Bildes bewirkt.

Um auf der optischen Bank die Gesetze der Reflexion beweisen und Messungen vornehmen zu können, erweist es sich als notwendig, ein schmales, horizontales oder vertikales Lichtbündel zu erzeugen. Hierzu wird eine stark brechende Linse (Brennweite 5 cm) in 10 cm Entfernung von der Lichtquelle auf die optische Bank gestellt. In 26,5 cm Entfernung von der Kerze stellt man axial mit der ersten Linse eine zweite mit der Brennweite von 9,75 cm. Es entsteht auf dem 69,5 cm entfernten Schirm ein heller, scharf begrenzter Kreis. Durch Benützung einer Blende an der ersten Linse läßt sich ein dem Spalt der Blende entsprechendes, schmales Lichtbündel erzeugen. Mit Transporteur und Spiegel läßt sich leicht zeigen, daß a) Einfallswinkel und Reflexionswinkel in derselben Ebene liegen; b) Einfallswinkel und Reflexionswinkel gleich sind; c) normal auffallende Strahlen in derselben Richtung reflektiert werden; d) eine Drehung des Planspiegels um  $\alpha^\circ$  eine Drehung des Bildes um  $2\alpha^\circ$  zur Folge hat.

Schöne und dabei einfache Versuche über Reflexion des Lichtes am Planspiegel zeigt H. Hahn in seinen Stecknadelversuchen im „Handbuch für Schülerübungen“ S. 255—258.

## 2. Aufgabe. Hohlspiegelbilder.

Apparate: Optische Bank, Kerze, Schirm, Konkavspiegel.

Um die Brennweite eines Konkavspiegels zu bestimmen, sieht man von der Benützung der Sonnenstrahlen wegen des allzu stark blendenden Sonnenbildchens ab und läßt den Schüler lieber den Krümmungshalbmesser ermitteln, indem er die Entfernung des reellen, dem Gegenstand gleich großen Bildes vom Spiegel mißt. Der Schüler hält eine Schreibfeder vor den Spiegel und nähert diese dem letzteren so lange, bis die Federspitze und die Bildspitze sich zu berühren scheinen. Ein zweiter Schüler markiert die Lage des Berührungspunktes, dessen Entfernung vom Spiegel die Größe des Krümmungsradius gibt. Die Brennweite ist gleich dem halben Krümmungshalbmesser.

Daß für Hohlspiegel die Formel  $\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$  gilt, wobei mit  $g$  die Entfernung des Gegenstands, mit  $b$  die Entfernung des Bildes vom Spiegel und mit  $f$  die Brennweite bezeichnet wird, findet der Schüler, indem er die reellen Bilder der zwischen Brenn- und Krümmungsmittelpunkt befindlichen Kerzenflamme mit einem Schirm auffängt und die Größen  $g$  und  $b$  mißt. Der durch Rechnung sich ergebende Mittelwert für  $f$  kann mit dem früher auf anderem Wege gefundenen Werte der Brennweite verglichen werden. Der Schüler trägt die gefundenen Werte folgendermaßen ins Tagebuch ein:

Entfernung des Gegenstandes vom Spiegel $g$ cm	Entfernung des Bildes vom Spiegel $b$ cm	Aus $\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ ergibt sich: $\frac{g \cdot b}{g + b} = f$ cm
78	245	59,2
72	343	59,1
71	347	58,9
68,5	395,5	58,9
63	813	58,3

Mittelwert für  $f = 58,8$  cm

## 3. Aufgabe. Brechung des Lichtes.

Apparate: Würfelförmige Glaswanne ( $\sim 8$  cm hoch), Glaswürfel ( $\sim 5$  cm hoch), dreiseitiges Glasprisma, Stricknadeln, Transporteur, Blende, Kerze, Maßstab, Stativ.

Die Glaswanne wird mit Wasser gefüllt und in dieselbe unter dem Winkel von  $45^\circ$  eine Stricknadel so gelegt, daß der eine Teil in der Diagonale der Rückseite der Glaswand verläuft, während der andere Teil aus der Wanne herausragt. Blickt man schräg zur Oberfläche des Wassers, so erscheint die Nadel gebrochen, während dieses nicht der Fall ist, wenn man durch die Vorderfläche des Gefäßes die Nadel betrachtet. An die Rückseite des Gefäßes legt man den Transporteur so an, daß sein Durchmesser mit der Wasseroberfläche parallel geht und sein Mittelpunkt mit dem Punkte zusammenfällt, in dem die Nadel eintaucht.

Nun wird der Einfallswinkel mittels des Transporteurs abgemessen, während man den Brechungswinkel erhält, wenn man in dem Mittelpunkt des Winkelmessers

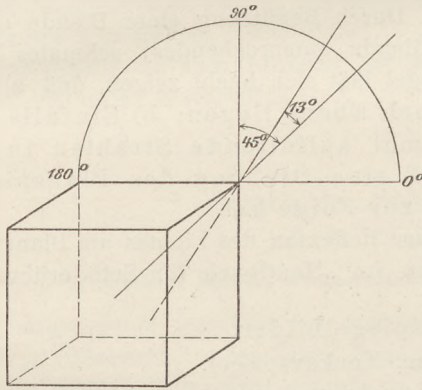


Fig. 1.

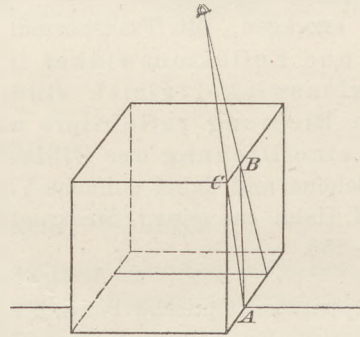


Fig. 2.

eine zweite Stricknadel in der Verlängerung der im Wasser sichtbaren, gebrochenen Stricknadelhälfte einstellt, den Winkel mißt, den die zweite Stricknadel mit der aus dem Wasser herausragenden Hälfte der ersten Nadel bildet und dann diesen Winkel von dem zuerst gemessenen Einfallswinkel subtrahiert. Es sei z. B. die Neigung der in das Wasser getauchten Stricknadel zum Lot  $45^\circ$  (Einfallswinkel  $\alpha$ ), der Winkel der zweiten in der Verlängerung der im Wasser sichtbaren Nadelhälfte gelegten Stricknadel und der aus dem Wasser herausragenden Nadelhälfte  $13^\circ$ , dann ist der Brechungswinkel  $45^\circ - 13^\circ = 32^\circ$ . Der Wert für den Brechungsexponenten  $n$  folgt aus:  $n = \sin \alpha : \sin \beta$ .

Macht man mehrere Messungen für verschiedene Neigungswinkel der Nadel, so ergibt sich immer der obige konstante Wert des Brechungsverhältnisses für Wasser, nämlich  $\frac{4}{3}$ . Der Schüler trägt die Messungen folgendermaßen ein:

Einfallswinkel $\alpha$	Brechungswinkel $\beta$	$\log \sin \alpha$	$\log \sin \beta$	$\log n$	Brechungs- exponent $n$
$45^\circ$	$32^\circ$	9,849 49 — 10	9,724 21 — 10	0,125 28	1,335
...	...	...	...	...	...

Mittelwert ...

Um den Gang der Lichtstrahlen durch Glas beobachten und den Brechungsexponenten berechnen zu können, benützt der Schüler einen  $\sim 5$  cm hohen Glaswürfel. Er zeichnet auf ein Blatt weißes Papier eine horizontale Linie und stellt auf diese den Glaswürfel, so daß ein Teil desselben unbedeckt bleibt. Blickt er durch



die obere Fläche senkrecht auf dieselbe, so tritt keine Verschiebung der unter dem Würfel verlaufenden Strecke ein. Blickt er jedoch in schräger Richtung gegen die obere Fläche, so erscheint im Prisma die Linie gehoben und nach hinten verschoben.

Die Messung des Einfallswinkels und Brechungswinkels geschieht in folgender Art: Der Punkt *A*, in dem die Gerade die untere Kante der rechten Seitenfläche schneidet, wird markiert. Hierauf sieht man schräg unter einem Winkel von ungefähr 40° gegen die obere Prismenfläche, wobei die Sehrichtung in die Ebene der rechten Seitenfläche fallen muß. Dann markiert man den Schnittpunkt *B* der im Prisma abgelenkten Linie mit der oberen, rechten Seitenkante und ebenso den Schnittpunkt *C* der auf dem Papier rechts vom Prisma laufenden Geraden mit derselben Seitenkante. Die rechte Seitenfläche hat nun die drei markierten Punkte *A, B, C*. Der Winkel, welchen die Gerade *AB* mit der Lotrechten bildet, ist der Brechungswinkel  $\beta$ , der Winkel, welchen *AC* und die Lotrechte einschließen, ist der Einfallswinkel  $\alpha$ . Der Schüler macht zwei Beobachtungen und Messungen, indem er unter verschiedenen Winkeln schräg gegen die obere Fläche des Glaswürfels blickt, und berechnet für jeden Fall den Brechungsexponenten für Glas  $n = \sin \alpha : \sin \beta$ . Die Werte trägt er in folgender Art ein:

Einfallswinkel $\alpha$	Brechungswinkel $\beta$	$\log \sin \alpha$	$\log \sin \beta$	$\log n$	Brechungsexponent $n$
30°	19°	9,698 97 — 10	9,512 64 — 10	0,186 33	1,535
...	...	...	...	...	...

Mittelwert ...

Durch diese Versuche gelangt der Schüler auf selbsttätige Weise zur Erkenntnis von der Richtigkeit des Snelliusschen Brechungsgesetzes und findet den Wert des Brechungsexponenten ( $n$ ) für Wasser  $\frac{4}{3}$ , für Glas  $\frac{3}{2}$ .

Um den Gang der Lichtstrahlen durch dreiseitige Prismen und planparallele Platten untersuchen zu können, ist es notwendig, daß der Schüler die Konstruktion des gebrochenen Strahles bei gegebenem Einfallswinkel kennt, wie sie in den meisten Lehrbüchern zu finden ist. Folgende Konstruktionsaufgabe wird in den Übungen von den Schülern gemeinsam mit dem Lehrer in dem Tagebuch angefertigt. Das gleichseitige Dreieck *ABC*, eine Seite 6 cm lang, stellt den Querschnitt durch das Prisma dar, dessen brechende Kante bei *C* liegt. In dem Punkte *O*, in welchem der einfallende Strahl die Grenzfläche *AC* schneidet, wird auf *AC* eine Normale (Lot) errichtet; ebenso werden aus dem Punkte *O* zwei konzentrische Kreise geschlagen, bei denen das Verhältnis der Radien gleich dem Brechungsexponenten ist (für Glas 3:2). Der einfallende Strahl schneide den kleinen Kreis in dem

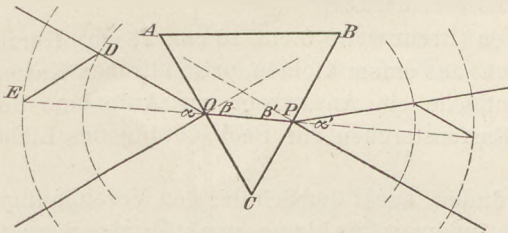


Fig. 3.

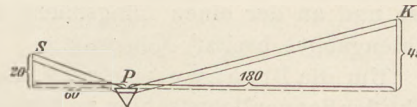


Fig. 4.

Punkte *D*. Man zeichnet durch *D* eine Parallele zum Lot, die den größeren Kreis in *E* schneidet. Die Gerade *EO* gibt die Richtung des gebrochenen Strahles. Einfallswinkel und Brechungswinkel werden mit  $\alpha$  und  $\beta$  bezeichnet. Der gebrochene Strahl schneide die Grenzfläche *BC* in dem Punkte *P*. In analoger Weise findet man mittels zweier konzentrischer Kreise den aus dem Prisma austretenden Strahl, für den wir mit  $\alpha'$  und  $\beta'$  den Einfallswinkel und Brechungswinkel bezeichnen. Die Winkel  $\alpha, \beta, \alpha', \beta'$  werden mit

dem Transporteur gemessen und das Brechungsverhältnis berechnet. Die Ergebnisse werden folgendermaßen zusammengestellt:

$\alpha$	$\beta$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$	$\alpha'$	$\beta'$	$\frac{\sin \alpha'}{\sin \beta'}$
60°	35°	1,5	39°	25°	1,5
49°	29°30'	1,5	47°30'	29°	1,5
20°	13°	1,5	Es findet Totalreflexion in dem Prisma statt.		

Der Schüler zeichnet ins Tagebuch zwei, ungefähr 4 cm voneinander entfernte, parallele Geraden  $\bar{a}$  und  $\bar{b}$ , die die Grenzfläche einer planparallelen Glasplatte angeben. Der auf  $\bar{a}$  einfallende Strahl bilde mit dem Lot den Winkel von 42°. In oben angegebener Weise wird der gebrochene und der aus der Platte an der Fläche  $\bar{b}$  wieder austretende Strahl konstruiert. Letzterer bildet mit dem Lot einen Winkel, der genau 42° beträgt, woraus die Erscheinung des Strahlendurchganges in planparallelen Platten dem Schüler leicht klar wird.

Die Anwendung der ersten Konstruktion dient dem Schüler als Kontrolle bei folgendem Versuch, in welchem er das Minimum der Ablenkung im dreiseitigen Prisma bestimmt. Der Schüler stellt das Prisma ( $P$ ) in einem Stativ auf den Arbeitstisch so auf, daß die brechende Kante horizontal und abwärts gerichtet ist. In einer Entfernung von einem Meter befindet sich eine Kerze ( $K$ ), deren Flamme ungefähr 35 cm höher steht als das Prisma. Auf der andern Seite des letzteren stellt der Schüler die mit einer kleinen kreisrunden Öffnung versehene Blende so in ein Stativ ein, daß er durch das Schloch ( $S$ ) der Blende in der schrägen Prismenfläche das in den Spektralfarben erscheinende Bild der Kerzenflamme und gleichzeitig ihr durch Reflexion an der oberen, horizontalen Prismenfläche erzeugtes farbenfreies Bild erblickt. Durch Messung der Entfernungen  $KP$  und  $SP$  sowie der Abstände des Schloches und der Kerzenflamme von der Horizontalebene des Prismas erhält man Größen, aus denen leicht der Einfallswinkel des Lichtstrahles und der Winkel des aus dem Prisma austretenden Strahls mit dem Lot berechnet werden können. Für diesen speziellen Fall, in dem der durch das Prisma gebrochene Strahl und der an der oberen Prismenfläche reflektierte Strahl gleichzeitig durch die Blendenöffnung in das Auge des Beobachters eintreten, ergibt sich, daß der Einfallswinkel  $\alpha$  des an der einen Prismenfläche eintretenden Strahls gleich ist dem Winkel  $\alpha'$ , den der an der anderen Prismenfläche austretende Strahl mit dem Lot bildet. Für diesen speziellen Fall  $\alpha = \alpha'$  tritt das Minimum der Ablenkung ein.

#### 4. Aufgabe. Linsenbilder.

Apparate: Optische Bank, Konvexlinsen (Brennweite 5 cm, 10 cm, 27 cm), Kerze, Schirm, Blende, Linsentubus (letzterer besteht aus einem kleinen, prismatischen Kasten aus Pappe, welcher an der kleinere Seitenfläche ein Ansatzrohr zur Aufnahme der Linse und an der einen Längsfläche ein Glasfensterchen zur Beobachtung des Lichtstrahlenganges besitzt), Glaswanne.

Um die Brennweite einer Linse zu finden, sucht der Schüler den Vereinigungspunkt der Sonnenlichtstrahlen zu bestimmen, indem er das kleine, punktförmige Sonnenbildchen entweder auf einem Schirm oder auf dem Spiegel der Wasserwanne aufhängt, in der das Wasser durch etwas Kreidepulver getrübt ist. Hierdurch ist es ermöglicht, den Verlauf der aus der Linse austretenden Sonnenstrahlen sichtbar zu machen. Letzteres wird auch in dem Linsentubus erreicht, wenn man den Innenraum des Kästchens mit Rauch füllt.

Hierauf bestimmt der Schüler die Brennweite der Linse durch Rechnung nach der Formel  $\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ , worin  $g$  die Entfernung des Gegenstandes (Kerze),  $b$  die



Entfernung des Bildes von der Linse und  $f$  deren Brennweite bedeuten. Der Schüler stellt auf den Nullpunkt der optischen Bank die Kerze, vor diese den Schirm, dazwischen die Linse, richtet letztere so ein, daß auf dem Schirm ein deutliches Bild der Kerze erscheint und mißt die Größen  $b$  und  $g$ . Aus unseren Versuchen ist der Mittelwert zu bestimmen.

Als Beispiel diene folgendes Schema:

Gegenstandsweite $g$	Bildweite $b$	Brennweite $\frac{g \cdot b}{g + b} = f^1)$
161,5	33,5	27,8
107,5	37,5	27,8
65,5	49,5	28,2
45	75	28,2
34,5	141	27,8

Mittelwert  $f = 28$

Schon aus der Formel  $\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$  geht hervor, daß sich der Wert für  $f$  nicht ändert, wenn  $g$  und  $b$  vertauscht werden, daß mithin Objekt und Bild in konjugierten Punkten sich befinden. Dieses ergibt sich für den Schüler auch experimentell, wenn er auf der optischen Bank, nachdem er die Linse auf ein klares Bild eingestellt hat, Kerze und Schirm vertauscht.

Schließlich untersucht der Schüler die Abhängigkeit der Vergrößerung, die mit  $v$  bezeichnet wird, bei Konvexlinsen von der Bild- ( $b$ ) und Objektweite ( $g$ ). Er mißt zuerst die Größe des Bildes ( $\beta$ ) und der Kerzenflamme ( $\gamma$ ) und bestimmt das Verhältnis  $\beta/\gamma$ , welches als Maß der Vergrößerung angenommen wird. Dann vergleicht er den gefundenen Wert mit der Größe der Quotienten  $b/g$  und findet selbsttätig, daß die Vergrößerung aus den Entfernungen des Objekts und seines Bildes von der Linse berechnet werden kann.

Brennweite	Bildgröße $\beta$	Objektgröße $\gamma$	Vergrößerung $\frac{\beta}{\gamma} = v$	Bildweite	Objektweite $g$	Vergrößerung $\frac{b}{g} = v$
5	23	5	4,6	64	13	4,5
10	20	4	5	59,5	12	5
27	32	4	8	252	32	8

### 5. Aufgabe. Optische Instrumente.

Apparate: Optische Bank, Linsen mit der Brennweite 2,5, 5, 10 und 27 cm, kleine Glasplatte, Kerze, Schirm, zwei Millimetermaßstäbe.

#### Lupe und Mikroskop.

Die Vergrößerung der Lupe bestimmt der Schüler in der Art, daß er auf den Tisch einen in Millimeter geteilten Maßstab legt, während in der Entfernung der deutlichen Sehweite (ungefähr 25 cm) eine Linse von kleiner Brennweite (2,5 cm) in einem Retortenhalter eingeklemmt wird, unter der ein zweiter Maßstab so angebracht wird, daß das nahe über der Linse befindliche Auge ein deutliches Bild der Einteilung sieht. Nun vergleicht der Schüler das Bild der Einteilung mit dem auf dem Tische befindlichen Maßstabe und bestimmt die Vergrößerung, indem er den Quotienten  $n/m$  berechnet. Dabei bezeichnet  $n$  die Maßzahl der Teilstriche des Bildes und  $m$  die Anzahl der Teilstriche des in deutlicher Sehweite befindlichen Maßstabes.

<sup>1)</sup>  $\frac{g \cdot b}{g + b} = f$  ergibt sich durch einfache Umformung aus  $\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$ .

Die Projektion und objektive Darstellung mikroskopischer Objekte (dieser Versuch ist dem Buche von Dr. Zwick, „Anleitungen zu 150 optischen Versuchen“ [S. 38, Versuch 116] entnommen worden). Die Linse 1 (Brennweite 5 cm) steht 6 cm von der Kerzenflamme, die Linse 2 (Brennweite 10 cm) 7 cm von der Linse 1, der Schirm 130 cm von der Linse 2. Man zeichnet sich mit schwarzer Tinte eine kleine Figur (Kreuz oder Pfeil) auf eine durchsichtige Glasplatte, schiebt diese in vertikaler Stellung in die passende Riefe eines Holzklötzchens und setzt sie auf den Tisch der optischen Bank. Letzteres wird hinter Linse 1 gestellt. Die Figur wird durch diese stark beleuchtet, durch Linse 2 auf das Zwölfwache (linear) vergrößert auf den Schirm projiziert. Durch kleine Verschiebung von Linse 2 erhält man die nötige Schärfe des Bildes.

#### Fernrohr.

Der Schüler stellt die Kerzenflamme 6–8 Meter von der Linse mit großer Brennweite (27 cm), fängt das kleine, reelle Bildchen mit dem Schirm auf und markiert den Einstellungspunkt des letzteren. Nun setzt er die Linse mit kleiner Brennweite (5 cm) so ein, daß sie als Lupe verwendet wird und von dem reellen Bildchen ein großes, virtuelles Bild erzeugt. Die erste Linse stellt dann das Objektiv, das zweite das Okular eines Keplerschen Fernrohres dar.

Um das Modell des Galileischen Fernrohres zu erhalten, benutzt der Schüler dieselbe große Linse, jedoch statt der kleinen eine Konkavlinse.

Diese fünf Aufgaben bilden das Mindestmaß der Forderungen für optische Schülerübungen des Gymnasiums, doch genügen sie, um dem Schüler die Grundbegriffe klarzulegen, ihn zu lehren, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu scheiden. Waren bisher die mathematischen Formeln der Schrecken des Schülers im Physikunterricht, so erkennt er jetzt in ihnen ein willkommenes Hilfsmittel zur Erklärung der Naturerscheinungen und sieht ein, daß in der Natur alles nach ehernen, unumstößlichen Gesetzen vor sich geht.

## Eine Bestimmung der Fallbeschleunigung am frei fallenden Körper.

Von

Öttinger in Freiburg und J. Weiß in Pforzheim.

Die vorliegende Anordnung soll ermöglichen, die Konstante  $g$  in der Formel  $s = \frac{1}{2} g t^2$  am frei fallenden Körper mit einfachen Hilfsmitteln zu bestimmen\*). Ihr Prinzip ist das folgende:

Es wird ein Stromkreis gebildet aus Akkumulator  $A$ , primärer Spule eines Induktoriums  $I$  und einem Elektromagnet  $E$  (Fig. 1); letzterer trägt eine Eisenkugel  $F$ , und an die sekundäre Spule des Induktors ist eine Geislersche Röhre angehängt. Jedesmal, wenn der Strom unterbrochen wird, entsteht ein Induktionsstrom in der sekundären Induktorspule, der sich durch ein Aufleuchten der Röhre kundgibt; gleichzeitig fällt die Eisenkugel vom Elektromagnet ab. Der Schließungsstrom hingegen erzeugt kein Aufleuchten in der Röhre. Die Stromunterbrechung geschieht durch den Kontakt  $U$  (Fig. 2), welcher aus einer horizontalen Feder  $M$  und einer nach unten gerichteten Schraube  $N$  besteht. Die Feder darf nicht sehr steif sein, und ihre Spannung kann durch  $N$  reguliert werden. Drückt man die Feder nach unten, so wird der Strom an der Spitze von  $N$  unterbrochen. An den Stellen  $H$  und  $L$  zweigt eine Leitung ab, welche zu den Klemmen des Kontaktes  $S$  führt. Letzterer kann durch die auf ihn fallende Eisenkugel  $F$  von 20 mm Durchmesser geschlossen werden.

\*) Vgl. Harrison H. Brown, diese Zeitschrift 1908, S. 322.



Sowie der Kontakt  $S$  geschlossen ist, wird die Geislersche Röhre nicht mehr aufleuchten, wenn der Stromkreis bei  $U$  unterbrochen wird. Gibt es umgekehrt bei einer Stromunterbrechung an  $U$  ein Aufleuchten in der Röhre, so ist  $S$  noch geöffnet; andernfalls ist  $S$  geschlossen.

Über der Feder  $M$  von  $U$  hängt ein Pendel  $P$  derart, daß es während seiner Schwingungen den Kontakt  $U$  jedesmal für einen Moment öffnet, wenn es durch seine Gleichgewichtslage hindurchgeht. Geschieht dies zum erstenmal, so fällt die Kugel vom Elektromagnet ab; gibt es hierauf kein Aufleuchten mehr, so ist die Kugel auf  $S$  aufgefallen, bevor das Pendel zum zweitenmal seine Gleichgewichtslage passierte, andernfalls später. Es ist somit leicht, die Fallzeiten der Kugel zu messen: Ist das Pendel so lang, daß die Geislersche Röhre nach dem Loslassen der Eisenkugel überhaupt nicht mehr erglüht, so verkürzt man es, bis gerade ein Aufleuchten stattfindet; dann ist die Fallzeit gleich der Schwingungsdauer des Pendels. Verkürzt

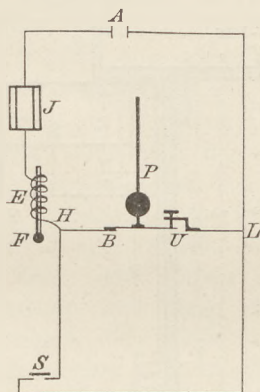


Fig. 1.

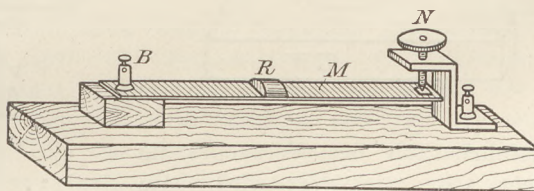


Fig. 2.

man weiter, so wird von einer bestimmten Pendellänge ab die Röhre zweimal aufleuchten, und nun ist die Fallzeit gerade gleich der doppelten Schwingungsdauer, usw. Wegen der Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Dämpfung muß das Pendel bei der Bestimmung der Schwingungsdauer in derselben Weise über den Kontakt  $U$  streichen wie bei dem eigentlichen Fallversuch.

Ein verstellbares Pendel, ein Induktor und ein Elektromagnet befinden sich in jeder Sammlung. Anzufertigen sind daher nur die beiden Kontakte  $S$  und  $U$ . Die Schwingungsebene des Pendels steht senkrecht zur Feder  $M$ , und das Pendel streift nur ganz leicht über die Feder an der Stelle  $R$ , wo ein halbzyllindrisches Drahtstück auf die Feder aufgelötet ist. Natürlich ist auf der Spitze von  $N$  und an der gegenüberliegenden Stelle von  $M$  ein Stückchen Platin angebracht.

Mehr Mühe macht der Kontakt  $S$ ; er erhielt schließlich folgende Form (Fig. 3 u. 4): In ein Brett von 90 mm Breite und 20 mm Dicke wurde ein Loch von knapp 30 mm Durchmesser gesägt und in dieses ein 1 mm dickwandiges Messingrohr, dessen innere Weite 28 mm betrug, und welches 50 mm lang war, hineingepreßt; in Fig. 4 ist es mit  $O$  bezeichnet, und es dient zur Führung für ein Rohr  $P$  aus Aluminium, welches 57 mm lang und 2 mm dick ist. Die beiden Rohre müssen sich sehr leicht übereinanderschieben lassen. Auf das Rohr  $P$  ist ein deckelförmiges Stück Aluminium  $Q$  aufgeschraubt, dessen innere Weite 50 mm beträgt; unten besitzt  $P$  einen 2 mm breiten und 2 mm hohen ringförmigen Wulst, welcher als Anschlag dient. Eine Feder  $D$ , deren Druck auf den Wulst durch die Schraube  $V$  regulierbar ist, hält den Deckel  $Q$  mit dem Rohr  $P$  in der Höhe fest, bis ihn die auffallende Eisenkugel herunterschlägt. Man muß den Federdruck so regulieren, daß der Deckel gerade noch getragen wird. Ist der Deckel heruntergeschlagen, so hindert die Feder ihn daran, wieder in die Höhe zu springen, indem sie hinter dem Wulst einschnappt. In 20 mm Abstand vom Mittelpunkt des Deckels sind diametral zwei Kupferstifte  $T$  von 15 mm Länge in den Deckel eingeschraubt; diese tauchen in zwei mit Quecksilber zum Teil gefüllte, in das Brett gebohrte, 17 mm tiefe und 5 mm weite Löcher; in jedes





ausgeführten Apparat ohne Verwendung von Aluminium und ohne Elimination von  $\delta$  möglich.

Solange der Kontakt  $S$  geöffnet ist, erblickt man bei  $N$  jedesmal einen Öffnungsfunken, wenn das Pendel durch seine Gleichgewichtslage hindurchgeht; man kommt deshalb auch ohne Induktor aus, wenn man sich damit begnügt, statt des Aufleuchtens der Geisleröhre diesen Funken zu beobachten. Hierdurch wird die Apparatur einfacher. Der Funken bleibt aus, sobald der Kontakt  $S$  geschlossen ist. Zur Illustration sei ein Versuch beschrieben:

Das Pendel mit dem Kontakt  $U$  wird derart aufgestellt, daß die Feder genau unter der Ruhelage des Pendels ist; sonst würde man die Fallzeit falsch messen. Mit einer Stoppuhr finde ich, daß das Pendel in 61,5 Sek. 100 Schwingungen ausführt, folglich eine einzige in 0,615 Sek. Ich mache nun den Fallraum 2 m lang, hebe das Pendel aus der Gleichgewichtslage, damit der Kontakt  $U$  geschlossen ist, und lasse die Eisenkugel an den Elektromagnet anhängen. Der Kontakt  $S$  muß offen sein. Läßt man das Pendel los, so beobachtet man ein zweimaliges Aufleuchten der Geisleröhre oder zwei Funken bei  $N$ . Der Kontakt  $S$  ist also erst nach dem zweiten Durchgang des Pendels durch seine Gleichgewichtslage geschlossen worden, folglich ist die Fallzeit länger als 0,615 Sek. Nun mache ich den Fallraum kürzer, 1,5 m hoch. Man öffnet den Kontakt  $S$ , hebt das Pendel wieder aus der Gleichgewichtslage und hängt die Kugel an. Diesmal bemerkt man nur ein einmaliges Aufleuchten der Röhre, nachdem man das Pendel schwingen ließ, folglich ist die Fallzeit kleiner als 0,615 Sek. Hierauf wählen wir 1,85 m Fallraum und haben zweimaliges Aufleuchten, bei 1,7 m Fallraum aber ist die Fallzeit wieder kürzer als 0,615 Sek. Schließlich finden wir, daß bei 1,82 m Fallraum das Pendel zweimal, bei 1,78 m aber nur einmal aufleuchtet, während bei 1,80 m die Röhre bald einmal, bald zweimal erglüht. Folglich ist der Fallraum, der 0,615 Sek. Fallzeit entspricht, 1,80 m lang. Hieraus erhält man

$$g = \frac{2s}{t^2} = \frac{3,60 \text{ m}}{0,378} = 9,54 \text{ m.}$$

Hysteresis und Luftwiderstand bewirken, daß der Fallraum und somit  $g$  stets zu klein ausfallen.

Dieselbe Zeitmeßmethode kann vorteilhaft auch bei den Versuchen mit der schiefen Ebene und der Atwoodschen Fallmaschine angewandt werden und ist bedeutend sicherer wie die bisher übliche primitive akustische Methode.

Mechaniker Weiß (Freiburg i. B., Salzstr.) liefert den Kontakt  $K$  in verbesserter Ausführung für 15 M, den Kontakt  $C$  mit verstellbarem Pendel in kardanischer Aufhängung für 25 M sowie ein 2,50 m langes Stativ mit verstellbarem Elektromagnet für 15 M (eventuell alles zusammen montiert).

## Die durch ein Gewicht hervorgerufene Zentralbewegung.

Von

Prof. Dr. Emil Schulze in Berlin.

Im 5. Heft des vorigen Jahrgangs ist eine Vorrichtung beschrieben worden, durch die mittels eines Gewichts Zentralbewegung erzielt wird. Die dort für die Zentralkraft aufgestellte Formel bedarf der Berichtigung. Es war angenommen worden, daß das Gewicht  $\mu g$  der Kugel  $m$  dieselbe Beschleunigung erteilt wie der Gewichtsmasse  $\mu$ , so daß  $\mu g = m b + \mu b$  ist. Das ist im allgemeinen nicht richtig, die Beschleunigungen sind verschieden groß, es ist  $\mu g = m b + \mu \beta$ . Man erkennt das deutlich, wenn man den wichtigsten Sonderfall, die Kreisbewegung, ins Auge faßt. In

diesem Fall findet weder ein Sinken noch ein Heben der Gewichtsmasse statt, d. h. es ist  $\beta = 0$ , und das Gewicht selbst ist die Zentralkraft. Nur in dem andern Sonderfall, wo die Kugel annähernd eine Parabel beschreibt, wird sie annähernd um dieselbe Strecke aus ihrer Anfangsrichtung abgelenkt, um die das Gewicht sinkt, d. h. es ist  $\beta = b$ , und die Zentralkraft hat annähernd den Wert  $m b = \frac{m}{m + \mu} \cdot \mu g$ .

Um auch für den allgemeinen Fall eine Formel für die Zentralkraft zu gewinnen, ist außer der Gleichung

$$\mu g = m b + \mu \beta \quad 1)$$

noch eine zweite Gleichung, die  $b$  und  $\beta$  enthält, nötig. Als solche eignet sich die Gleichung  $b = -\frac{\partial^2 r}{\partial t^2} + r \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial t}\right)^2$ , die für jede Zentralbewegung gültig ist. Da in unserm Fall  $dr$  sowohl die Strecke bedeutet, um die der Leitstrahl  $r$  nach der Zeit  $dt$  verkürzt bzw. verlängert wird, als auch die Strecke, um die das Gewicht nach der Zeit  $dt$  sinkt bzw. steigt, so ist  $\beta = -\frac{\partial^2 r}{\partial t^2}$ . Ferner ist nach dem Flächensatz  $r^2 \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = r_0 v_0$ , wo  $r_0$  und  $v_0$  die Anfangswerte von  $r$  und  $v$  bedeuten. Daher ist

$$b = \beta + \frac{r_0^2 v_0^2}{r^3}. \quad 2)$$

Aus 1) und 2) ergibt sich für die Zentralkraft der Wert  $m b = \frac{m}{m + \mu} \mu g \cdot \left(1 + \frac{r_0^2 v_0^2}{g r^3}\right)$ .

Die Behandlung der kreisenden Bewegung gestaltet sich hiernach einfacher als in der vorigen Arbeit angegeben ist. Die Versuche müssen die Richtigkeit der Formel  $\mu g = \frac{m v_0^2}{r_0}$  ergeben. Wenn in der vorigen Arbeit mit Zahlenwerten, die mittels der Formel  $\frac{m}{m + \mu} \mu g = \frac{m v_0^2}{r_0}$  berechnet worden sind, ebenfalls Kreisbewegung erzielt wurde, so liegt das daran, daß  $\mu$  im Vergleich zu  $m$  sehr klein gewählt worden ist, so daß  $\frac{m}{m + \mu}$  annähernd gleich 1 war. Zu bemerken ist noch, daß die Reibung des Fadens am Ringe, die sowohl dem Heben als dem Sinken des Gewichts einigen Widerstand entgegensetzt, sehr feine messende Versuche nicht gestattet.

Ein Vorzug der Vorrichtung, der im ersten Aufsatz nur kurz erwähnt worden ist, sei hier schärfer hervorgehoben. In den Lehrbüchern wird selten deutlich zum Ausdruck gebracht, daß zum Zustandekommen von Zentralbewegungen unbedingt zwei oder mehr Körper vorhanden sein müssen, die sich gegenseitig in ihren Bewegungen beeinflussen, sei es, daß ihre Wechselwirkung in einer Fernwirkung besteht oder etwa durch einen Faden vermittelt wird. Die Erde kreist nicht um die Sonne, sondern beide Körper bewegen sich um den gemeinsamen Massenmittelpunkt. In der von mir beschriebenen Vorrichtung tritt deutlich hervor, daß zwei Körper sich in ihren Bewegungen gegenseitig beeinflussen. Bei den Versuchen mit der Schwungmaschine bleibt deren Bewegung wegen ihrer großen Masse, die noch dazu mit dem Erdkörper fest verbunden ist, unbeachtet. Wohl die einfachste Vorrichtung zur Hervorbringung von Zentralbewegungen zweier Körper ist die, wo zwei Kugeln mittels eines Fadens verbunden sind; ruhen beide auf einer glatten, horizontalen Fläche und erteilt man der einen einen Stoß, so kreisen beide um den gemeinsamen Massenmittelpunkt, der sich in gerader Linie fortbewegt. Wenn auch das Zusammendrehen des Fadens und die Reibung die Bewegung beeinflussen, so läßt sich doch deutlich verfolgen, daß die Kugel von größerer Masse den kleineren Kreis beschreibt; die Beobachtung der kreisenden Kugeln gibt keine Auskunft, welche von beiden den Stoß erhalten hat. Jede Kugel übt mittels des Fadens auf die andere einen Zug aus und erfährt von ihr einen ebenso starken Gegenzug; es ist  $m b = \mu \beta$ , Zentripetal- und Zentrifugalkraft sind gleichwertig. Die Versuchsanordnung, wo ein Gewicht die Zentralbewegung



hervorruft, ist insofern weniger einfach, als auch die Erdbeschleunigung noch in Betracht kommt; Zug und Gegenzug sind hier  $mb$  und  $\mu(g - \beta)$ ; dafür ist der Bewegungsvorgang einfacher zu überschauen, da es sich nur um die Zentralbewegung der Masse  $m$  handelt.

Die Untersuchung der Bahn, die die Elfenbeinkugel beschreiben würde, wenn keine Reibungswiderstände vorhanden wären, ist nicht uninteressant, und deshalb sei das Wichtigste hierüber mitgeteilt. Berechnet man aus den Gleichungen 1) und 2) den Wert von  $\beta = -\frac{\partial^2 r}{\partial t^2}$ , so gelangt man zu der Differentialgleichung

$$\frac{\partial^2 r}{\partial t^2} = -\frac{\mu g}{m + \mu} + \frac{m}{m + \mu} \cdot \frac{v_0^2 r_0^2}{r^3}.$$

Indem man sie zu lösen versucht, findet man zunächst

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 &= \frac{2\mu g}{m + \mu} \cdot \frac{1}{r^2} (r_0 - r) \cdot \left(r^2 - \frac{m v_0^2}{2\mu g} r - \frac{m v_0^2}{2\mu g} r_0\right) \\ &= \frac{2\mu g}{m + \mu} \cdot \frac{1}{r^2} (r_0 - r) (r - r_1) \cdot (r + \varrho), \end{aligned} \right\} \quad 3)$$

wo zur Abkürzung

$$r_1 = \frac{\varepsilon}{4} r_0 (V1 + 8\varepsilon + 1), \quad \varrho = \frac{\varepsilon}{4} r_0 (V1 + 8\varepsilon - 1), \quad \varepsilon = \frac{m v_0^2}{\mu g r_0}$$

gesetzt ist.

Für den Fall  $\varepsilon = 1$  ist  $r = r_0 = r_1$ , d. h. die Bahn ist kreisförmig; für  $\varepsilon > 1$  ist  $r_0 \leq r \leq r_1$  und für  $\varepsilon < 1$  ist  $r_0 \geq r \geq r_1$ .

Da ferner  $v^2 = \left(\frac{\partial r}{\partial t}\right)^2 + r^2 \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial t}\right)^2$  und  $r^2 \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = r_0 v_0$  ist, so erhält man zur Bestimmung der Geschwindigkeit  $v$  aus Gleichung 3) die Gleichung:

$$v^2 = \frac{1}{m + \mu} \left[ m v_0^2 + \mu v_0^2 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2 + 2\mu g (r_0 - r) \right]. \quad 4)$$

Die Gleichung lehrt, daß  $v$  bei kleiner werdendem Leitstrahl wächst, bei größer werdendem abnimmt.

Zu den Gleichungen 3) und 4) führt übrigens direkt das Energiegesetz: durch die Arbeit  $\mu g \cdot (r_0 - r)$  des sinkenden Gewichts erlangt die Gewichtsmasse  $\mu$  die Wucht  $\frac{1}{2} \mu \left(\frac{\partial r}{\partial t}\right)^2$  und die Masse  $m$  die Wuchtzunahme  $\frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2)$ , daher ist  $\mu g (r_0 - r) = \frac{1}{2} \mu \left(\frac{\partial r}{\partial t}\right)^2 + \frac{1}{2} m (v^2 - v_0^2)$ ; diese Gleichung, verbunden mit der Gleichung  $v^2 = \left(\frac{\partial r}{\partial t}\right)^2 + r^2 \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial t}\right)^2$  liefert dieselben Werte für  $\left(\frac{\partial r}{\partial t}\right)^2$  und  $v^2$ , wie sie in den Gleichungen 3) und 4) angegeben sind.

Im folgenden werde nur der Fall  $\varepsilon < 1$ , also  $r_0 \geq r \geq r_1$  berücksichtigt; für ihn ist  $\frac{\partial r}{\partial t}$  negativ und daher

$$t = -\sqrt{\frac{m + \mu}{2\mu g}} \cdot \int_{r_0}^r \frac{r dr}{V(r_0 - r)(r - r_1)(r + \varrho)}.$$

Mittels der Substitution  $r = \frac{(r_0 \alpha_1 + r_1 \alpha_0) - (r_0 \alpha_1 - r_1 \alpha_0) \cdot z}{(\alpha_0 + \alpha_1) + (\alpha_0 - \alpha_1) \cdot z}$ , wo  $\alpha_0 = V r_0 + \varrho$ ,  $\alpha_1 = V r_1 + \varrho$  ist, erhält man nach längerer Rechnung

$$t = \sqrt{\frac{2(m + \mu)}{\mu g}} \cdot \frac{1}{\alpha_0 + \alpha_1} \cdot \int_{-1}^{z^*} \frac{(r_0 \alpha_1 + r_1 \alpha_0) - (r_0 \alpha_1 - r_1 \alpha_0) \cdot z}{(\alpha_0 + \alpha_1) + (\alpha_0 - \alpha_1) \cdot z} \cdot \frac{dz}{V1 - z^2 \cdot V1 - \left(\frac{\alpha_0 - \alpha_1}{\alpha_0 + \alpha_1}\right)^2 \cdot z^2}.$$

Hier ist  $\left(\frac{\alpha_0 - \alpha_1}{\alpha_0 + \alpha_1}\right)^2 < 1$  und hat z. B. für  $m = 100$  g,  $\mu = 10$  g,  $r_0 = 100$  cm und  $r_1 = 90$  cm bzw. 80 cm bzw. 70 cm den Wert 0,00026 bzw. 0,0015 bzw. 0,0075. Da auch  $z^2 < 1$  ist, so läßt sich  $\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\alpha_0 - \alpha_1}{\alpha_0 + \alpha_1}\right)^2 \cdot z^2}}$  in eine Reihe entwickeln und man erhält

$$t = \sqrt{\frac{2(m + \mu)}{\mu g}} \cdot \frac{1}{\alpha_0 + \alpha_1} \cdot \left[ \int_{-1}^z \frac{(r_0 \alpha_1 + r_1 \alpha_0) - (r_0 \alpha_1 - r_1 \alpha_0) \cdot z}{(\alpha_0 + \alpha_1) + (\alpha_0 - \alpha_1) \cdot z} \cdot \frac{dz}{\sqrt{1 - z^2}} + \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_0 - \alpha_1}{\alpha_0 + \alpha_1}\right)^2 \int_{-1}^z \frac{(r_0 \alpha_1 + r_1 \alpha_0) - (r_0 \alpha_1 - r_1 \alpha_0) \cdot z}{(\alpha_0 + \alpha_1) + (\alpha_0 - \alpha_1) \cdot z} \cdot \frac{z^2 dz}{\sqrt{1 - z^2}} + \dots \right].$$

Diese Reihe ist, wie leicht zu zeigen, konvergent. Begnügen wir uns mit der ersten Annäherung, so finden wir schließlich

$$t = \sqrt{\frac{2(m + \mu)}{\mu g}} \cdot \left( -\frac{\rho + \alpha_0 \alpha_1}{\alpha_0 + \alpha_1} \arcsin z - 2\sqrt{\alpha_0 \alpha_1} \cdot \arctg \sqrt{\frac{\alpha_1}{\alpha_0} \cdot \frac{1 - z}{1 + z}} \right)_{-1}^z \quad 5)$$

Zur Ableitung der Bahngleichung  $\vartheta = f(r)$  verbinden wir Gleichung 3) mit der Gleichung  $r^2 \frac{\partial \vartheta}{\partial t} = r_0 v_0$  und finden auf demselben Wege wie oben die Bahngleichung

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2(m + \mu)}{\mu g}} \cdot \frac{r_0 v_0}{\rho + \alpha_0 \alpha_1} \cdot \left( -\frac{1}{\alpha_0 + \alpha_1} \arcsin z - 2\sqrt{\frac{\alpha_0 \alpha_1}{r_0 r_1}} \arctg \sqrt{\frac{r_0 \alpha_1}{r_1 \alpha_0} \cdot \frac{1 - z}{1 + z}} \right)_{-1}^z \quad 6)$$

Bezeichnen wir mit  $t_1$  und  $\vartheta_1$  die Werte, die  $t$  und  $\vartheta$  für  $r = r_1$  annehmen, so erhalten wir, da für  $r = r_1$   $z = +1$  ist

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(m + \mu)}{\mu g}} \cdot \left( -\frac{\rho + \alpha_0 \alpha_1}{\alpha_0 + \alpha_1} + \sqrt{\alpha_0 \alpha_1} \right) \cdot \pi. \quad 7)$$

$$\vartheta_1 = \sqrt{\frac{2(m + \mu)}{\mu g}} \cdot \frac{r_0 v_0}{\rho + \alpha_0 \alpha_1} \cdot \left( -\frac{1}{\alpha_0 + \alpha_1} + \sqrt{\frac{\alpha_0 \alpha_1}{r_0 r_1}} \right) \cdot \pi. \quad 8)$$

Die folgende Tabelle enthält für  $m = 100$  g,  $\mu = 10$  g die zusammengehörigen Werte der in Betracht kommenden Größen

$r_0$ cm	$r_1$ cm	$v_0$ cm/Sek.	$v_1$ cm/Sek.	$t_1$ Sek.	$\vartheta_1$
100	90	95,5	105	1,92	111,8°
100	80	90,7	110,5	1,88	122,4°
100	70	86,7	117	1,85	128°

Es ist wohl ohne weiteres einleuchtend und bedarf keiner eingehenderen Ausführung, daß die Masse  $m$ , nachdem sie aus der Anfangslage  $A_0$  mit zunehmender Geschwindigkeit dem Zentrum  $R$  sich genähert und die Lage  $A_1$ , wo  $A_1 R = r_1$  sei, eingenommen hat, hierauf mit abnehmender Geschwindigkeit sich vom Zentrum bis zur Lage  $A_2$  entfernen wird, derart, daß der Kurventeil  $A_2 A_1$  dem Kurventeil  $A_0 A_1$  kongruent ist.

Die Masse  $m$  bewegt sich hiernach ununterbrochen zwischen zwei konzentrischen Kreisen, die  $R$  als Mittelpunkt und  $r_0$  und  $r_1$  als Radien haben; die Gewichtsmasse  $\mu$  sinkt und steigt während dieser Bewegung in ununterbrochener Folge um die Strecke  $r_0 - r_1$ .



## Apparat zur Erzeugung einer Epizykloide.

Von

W. Pfeifer in Worms a. Rh.

Durch Abrollen eines Kreises auf einem Kreis entsteht die Epizykloide. Der die Epizykloide beschreibende Punkt wird wie bei der früher beschriebenen Anordnung zur Erzeugung einer Zykloide durch ein kleines elektrisches Glühlämpchen dargestellt. Dieses ist auf einer kleineren Scheibe, dem Rollkreis, befestigt, die sich um eine größere Kreisscheibe herumführen läßt. Die bewegliche Scheibe ist als Spurkranzscheibe ausgebildet, wie aus der Figur ersichtlich; da die Entfernung des Glühlämpchens von der Drehungsachse des Rollkreises größer ist als der Radius des rollenden Kreises, so entsteht eine Epizykloide mit Schleifen. Fig. 1 zeigt uns den Apparat. In ein Grundbrett mit den Maßen  $30 \times 17 \times 2,5$  cm ist eine senkrechte Leiste mit den Abmessungen  $37 \times 5 \times 2$  cm eingelassen. Die bewegliche Scheibe sitzt an einem um eine wagerechte Achse drehbaren Arm, an dessen anderem Ende die zum Betrieb des Glühlämpchens erforderliche Batterie befestigt ist.

Fig. 2 gibt hierüber näheren Aufschluß. *L* ist die bereits erwähnte, im Grundbrett eingelassene Leiste.

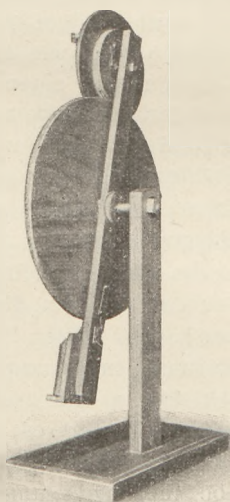


Fig. 1.

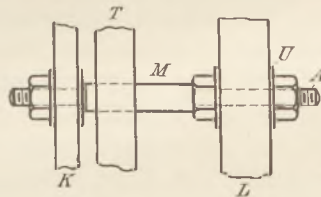


Fig. 2.

Sie trägt in der Nähe ihres oberen Endes eine feststehende eiserne Achse *A* von 11,5 cm Länge und 1 cm Durchmesser; in den in der Figur gestrichelten Teilen ist der Durchmesser etwas geringer; beiderseits ist auf eine Länge von ungefähr 1,5 cm ein Gewinde eingeschnitten. Mit Hilfe zweier Schraubenmutter und zweier Unterlegscheibchen *U* wird die Achse *A* auf *L* befestigt. Am freien Ende von *A* wird in entsprechender Weise die feste Scheibe, der Leitkreis *K*, festgeklemmt. Es ist eine Holzscheibe von 1 cm Dicke und 15 cm Halbmesser. Es empfiehlt sich, beide Scheiben durch Aufeinanderleimen zweier dünneren Scheiben herzustellen derart, daß die Holzfasern je zweier zusammengefügtter Scheiben senkrecht zueinander laufen, um ein Verziehen des Holzes zu verhindern. Beim Befestigen der Scheibe *K* ist genau darauf zu achten, daß sie senkrecht auf der Achse *A*, diese wiederum senkrecht auf *L* steht. Über den mittleren Teil von *A* wird ein 4,5 cm langes Messingrohr *M* geschoben, das sich ohne Reibung um *A* drehen läßt; auf ihm wird der bewegliche Arm *T*, der den Rollkreis trägt, mittels einer seitlichen Schraube an passender Stelle festgeklemmt. Auch hier ist dafür zu sorgen, daß *T* und *M* einen rechten Winkel miteinander bilden. Nur wenn die feste Scheibe *K*, der bewegliche Arm *T* und die Leiste *L* mit der Achse genau rechte Winkel bilden, ist ein gleichmäßiges Abrollen der beweglichen Scheibe auf dem Leitkreis möglich.

Der drehbare Arm *T* hat eine Länge von 50, eine Dicke von 1,5 und eine Breite von 4 cm; er trägt einerseits die Laufscheibe, während man am entgegengesetzten Ende die gleichzeitig als Gegengewicht dienende Batterie an einer Stelle befestigt, die man am besten durch Ausprobieren findet.

Die rollende Scheibe  $R$  (Fig. 3) wird von der Achse  $B$  getragen, deren Entfernung von der Mitte der Tragachse  $A$  25 cm beträgt. Vorteilhaft bringt man am Arm  $T$  zur Aufnahme von  $B$  einen Einschnitt statt einer Bohrung an, um die Achse in geringem Umfang verschieben zu können, falls die Reibung zwischen beiden Scheiben nicht genügend sein sollte.  $B$  ist 6 cm lang und wird mit Hilfe zweier Schraubenmuttern auf  $T$  befestigt; auf das freie Ende der Achse wird ein 2,7 cm langes Messingröhrchen aufgeschoben, das durch eine entsprechende Bohrung in der Scheibe  $R$  hindurchgesteckt wird. Wird nun noch ein kreisförmiges Blechscheibchen, das mit dem Messingröhrchen verlötet ist, auf  $R$  aufgeschraubt, so ist ein Lockerwerden und Schlagen der Scheibe  $R$

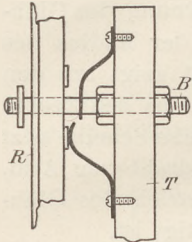


Fig. 3.

ausgeschlossen. Die am vorderen Ende von  $B$  befindliche Schraubenmutter ist so weit anzuziehen, daß für  $R$  ein geringer Spielraum in seitlicher Richtung übrigbleibt. Die Dicke der Laufscheibe beträgt 1 cm, ihr Halbmesser 5 cm; die konzentrisch aufgesetzte vordere Scheibe hat 8 cm Halbmesser; das Glühlämpchen ist 7 cm von der Drehungsachse entfernt. Die Stromzuführung von der kleinen Trockenbatterie zum Glühbirnchen erfolgt durch zwei auf dem beweglichen Arm angeschraubte Federn, von denen die eine, wie Fig. 3 zeigt, auf dem Messingröhrchen, die andere dagegen auf einem aus Blech hergestellten Kontakttring schleift, der auf der Rückseite von  $R$  angebracht ist. Kurze Kupferdrähte führen durch die Scheibe hindurch zur Fassung des Lämpchens. Um überall genügende Reibung zwischen beiden Scheiben sicher zu erzielen, kann man noch um die kleinere Scheibe einen dünnen Gummiring legen. Auf dem Arm  $T$  kann man auch einen einfachen Ausschalter anbringen, um das Glühlämpchen in und außer Betrieb setzen zu können. Will man die Kurve vorführen, so tut man gut, das Lämpchen bis auf eine kleine Fläche abzublenden. Zu diesem Zweck stellt man sich aus dünnem Blech einen kleinen Zylinder her, in dessen Boden sich ein Loch von 2—3 mm Bohrung befindet; mit einiger Reibung muß man den Zylinder über das Lämpchen schieben können. Um die Epizykloide in einem etwas verdunkelten Zimmer entstehen zu lassen, genügt es, dem drehbaren Arm in der Gegend der Batterie einen Stoß zu geben; alsdann wird die Laufscheibe mehrmals um den Leitkreis herumlaufen. Befestigt man auf dem Messingrohr  $M$  der großen Achse  $B$  eine Schnurlaufrolle, so kann man die Vorrichtung mittels eines Motors in dauernde Umdrehung versetzen. Bei einer photographischen Aufnahme der Kurve drehe man  $T$  ganz langsam einmal um  $360^\circ$ .

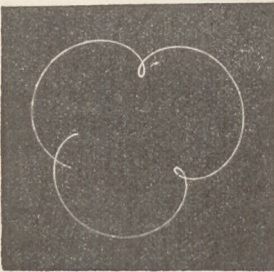


Fig. 4.

Zum Schlusse sei zur Herstellung des Apparates noch folgendes bemerkt. Es empfiehlt sich, beide Scheiben nicht durch Aussägen, sondern auf der Drehbank herstellen zu lassen. Dabei ist genau darauf zu achten, daß das Verhältnis der Scheibenradien — in unserem Fall 3 : 1 — ganzzahlig bleibt. Wird z. B. vielleicht durch nachträgliches Abdrehen der großen Scheibe ihr Radius um 1—2 mm kleiner, so rücken bei jedem Umlauf des Rollkreises die Schleifen im Drehungssinne weiter. Bei genauer Beobachtung der schnell umlaufenden Scheibe  $R$  ist dies zu bemerken; bei der photographischen Aufnahme der Epizykloide zeigt sich dies darin, daß die Kurve nicht in sich selbst zurückläuft. Fig. 4 gibt uns hiervon ein Bild; bei dem hierzu benutzten Apparat hatte die feste Scheibe einen Halbmesser von 14,8 statt 15 cm.



## Kleine Mitteilungen.

### Ein lehrreicher Pendelversuch.

Von Dr. **Wilhelm Volkmann** in Charlottenburg.

Mit dem Overbeckschen gekoppelten Pendelpaar, das man für Resonanzversuche zu benutzen pflegt, läßt sich ein Versuch anstellen, der mir als Ausgangspunkt für die Herleitung des Pendelgesetzes auf experimenteller Grundlage besonders geeignet erscheint.

Unter das aus zwei Fadenpendeln mit 100 bis 200 g schweren Bleikugeln gebildete Doppelpendel legt man, wie Fig. 1 andeutet, ein Blatt Papier, auf das zwei Quadrate mit beiden kurzen Durchmessern in dicken Linien gezeichnet sind. Die Pendelkugeln sollen entweder ganz dicht über dem Papier schweben oder ihr Schatten soll mit einem auf dem Querstabe zwischen den Pendeln angebrachten Glühlämpchen auf das Papier geworfen werden. Jedenfalls müssen im Ruhezustand die beiden Pendelkugeln auf die Mittelpunkte der beiden Quadrate projiziert werden. Das Gewicht am Verbindungsfaden sei zwischen 10 und 40 g.

Zum Versuch zieht man die beiden Pendelkugeln über zwei benachbarte Quadratecken und läßt sie gleichzeitig frei. Die ursprünglich in den Diagonalen der Quadrate geradlinigen Schwingungen werden nach dem Durchlaufen einiger Ellipsen kreisförmig, dann wieder elliptisch und geradlinig in den anderen Diagonalen, und dieses Spiel wiederholt sich mit der größten Sauberkeit viele Male, wenn die Pendel gut auf einander abgestimmt sind. Es ist das nicht der Fall, wenn man statt der angegebenen symmetrischen Anregungsweise eine andere wählt, etwa anfangs das eine Pendel in der Richtung des tragenden Stabes schwingen läßt und das andere senkrecht dazu. Die Störungen in diesem Fall rühren wohl vom Mitschwingen des Statives her, das dann beide Pendel ungleich beeinflusst. Auch die Lissajoufiguren für andere Schwingungsverhältnisse kann man auf diese Weise erhalten, wenn auch minder gut.

Was diese Erzeugung der kreisförmigen aus zwei geradlinigen Pendelbewegungen nach meinem Empfinden so wertvoll für den Unterricht macht, ist der Umstand, daß die ursprünglichen Komponenten sich periodisch immer wieder herauschälen, so daß man erkennen kann, daß sie in der zusammengesetzten Figur nur verborgen, aber nicht darin aufgegangen sind. Diese Erkenntnis scheint mir aber die Vorbedingung dafür zu sein, daß man in der üblichen Weise aus Fig. 2 das Gesetz der Pendelbewegung ableitet. Zumeist wird diese Ableitung ohne alle Rechtfertigung gegeben; wenn man aber bedenkt, wie verschieden sich konisches und ebenes Pendel bei großer Amplitude verhalten, wird man doch das Bedürfnis haben, vorsichtiger zu sein.

Aus dem beschriebenen Versuch läßt sich weiter ein wichtiger Schluß auf die Beziehung zwischen Energie und Amplitude ziehen. Nimmt man das Hilfsgewicht nicht gar zu leicht, so ist bei der ersten Wiederaussonderung der geraden Schwingungen die Amplitude noch nicht merklich geringer geworden, also auch die Energie der Pendelbewegung noch dieselbe. Zuvor hat sich bei beiden Pendeln der Kreis als Schwingungsform ergeben und aus der Symmetrie dieser Figur darf man schließen, daß sie von jeder der beiden ursprünglichen Bewegungen gleich viel (da die Kreise gleichzeitig auftreten, also die Hälfte der) Energie enthält. Die Komponenten der

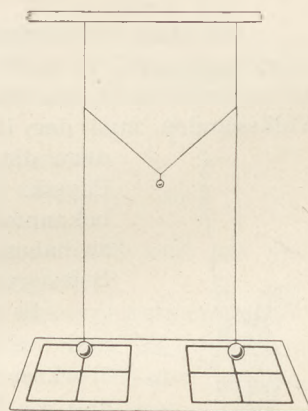


Fig. 1.

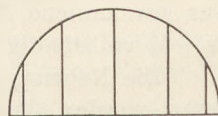


Fig. 2.

Kreisbewegung haben die Länge der Quadratseite, die ursprünglichen Schwingungen die Länge der Diagonalen. Daraus folgt also, daß die Schwingungsenergie dem Quadrat der Amplitude proportional ist.

In sehr großen Hörsälen wird es bei dem beschriebenen Versuch unbequem sein, daß die Quadrate flach liegen. Man stellt dann unter den Pendeln einen größeren Spiegel schräg auf und wirft damit die Schatten der Pendel auf einen durchscheinenden Papierschirm, auf den auch die Quadrate aufgezeichnet sind.

### Ein Werkzeug als Handschwungmaschine.

Von **Martin Freyer** in Dresden.

Bei allen technischen Neuerungen, mit denen die jetzigen Schwungmaschinen ausgerüstet sind, ist doch ein Übelstand nicht beseitigt worden, nämlich die geringe Bewegungsfreiheit, die das Arbeiten mit der Schwungmaschine gestattet. In vielen Volksschulen muß der Unterricht in Naturlehre im Klassenzimmer erteilt werden, denn die Schule verfügt nicht über ein besonderes Lehrzimmer für Physik. Das Arbeiten aber am schrägen Pulte hat seine genugsam bekannten Nachteile. Es wäre wünschenswert, eine Schwungmaschine zu haben, welche überall ohne Schwierigkeiten der Aufstellung und Befestigung verwendet werden kann.

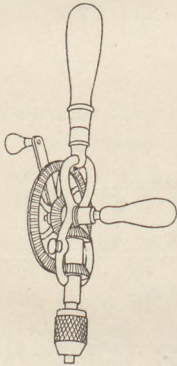


Fig. 1.

Es präsentiert sich uns in einem Werkzeuge, das jetzt mehr und mehr Freunde gewinnt, ein praktischer Apparat, der uns als Werkzeug und als Schwungmaschine gute Dienste leistet. Es ist dies die kleine amerikanische Handbohrmaschine.

In reiner Eisenarbeit, mit gut gefrästen Rädern, harten Lagern und absolut zentrisch laufender Spindel bildet diese Bohrmaschine ein dauerhaftes Werkzeug, welches durch sein Dreibacken-Zentrierfutter besonders brauchbar wird. Sehen wir von der vielseitigen Verwendung der Maschine als Werkzeug ab, und untersuchen wir die unterrichtliche Verwendbarkeit als Lehrmittel, so finden wir, daß die Handbohrmaschine eine allseitig verwendbare Handschwungmaschine ist (Fig. 1).

Zunächst einige Angaben über Größe und Preis der Maschinen.

Preis . . . . .	6,—	7,50	12,— M
Bohrerstärke . . .	0—5	0—7	0—9,5 mm
Länge . . . . .	29	33	37 cm

Wie aus der Zusammenstellung ersichtlich ist, richten sich Preis und Größe der Maschine nach der Stärke der Bohrer, welche das Zentrierfutter zu fassen vermag. Für gewöhnliche Ansprüche in Werkstatt und Unterricht genügt das kleine Modell zu 6 M vollständig.

Die Nebenapparate der Lehrmittelhandlungen, die zur Schwungmaschine geliefert werden, lassen sich ohne weiteres zur nunmehrigen Handschwungmaschine verwenden. Zapfen verschiedener Stärke werden stets zentrisch gefaßt durch eine einzige Drehung des rauhen Griffmantels am Bohrkopfe. Die Nebenapparate können somit von verschiedenen Quellen bezogen sein und brauchen nicht speziell zu der Maschine gearbeitet zu werden, wie das bei den gewöhnlichen Maschinen notwendig ist.

Ratsam erscheint es, sich trotz der Verwendungsmöglichkeit gekaufter Nebenapparate seine Apparate selbst anzufertigen.

Um die Maschine recht zur Geltung kommen zu lassen, ist es notwendig, ein kugelförmiges Glasgefäß und eine Fassung für Pappscheiben zu haben.

Als Schleudergefäße aus Glas eignen sich bauchige Lampenzylinder am besten, und zwar besonders gut die Zylinder von Windleuchtern. Diese liefern ein nahezu



kugelförmiges Gefäß mit ausgeschweiftem oberem Rande, wie es sich am besten zu Schwungmaschinenversuchen eignet. Die Befestigung geschieht auf höchst einfache Art. Eine kleine Blechschachtel bekommt möglichst zentrisch einen starken Eisendraht (3—4 mm) angelötet. Alsdann gießt man die Schachtel mit Siegellack aus und stellt den Zylinder hinein. Ehe der Siegellack völlig erstarrt ist, spannt man das Ganze in die Handschwungmaschine, um bei langsamem Drehen den Zylinder recht gut zentrieren zu können (Fig. 2a).

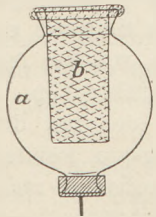


Fig. 2.

Zur Zentrifuge biege man sich aus engem Drahtgeflecht, wie es zu Fliegenfenstern verwendet wird, eine Walze, welche gerade in das Glasgefäß einzuschieben geht. Ein rundes Stück Geflecht wird als Boden eingesetzt, und der obere Rand wird ausgebogen, so daß er über den Glasrand des Gefäßes übergreift (Fig. 2b).

Zur Befestigung von Scheiben benötigt man einen Stutzen mit Schraube. Diesen stellt man sich leicht aus einem dünnen Schraubenbolzen her. Der Bolzenkopf wird abgesägt, in der Mitte des Bolzens, wo das Gewinde beginnt, lötet man eine starke Unterlegscheibe fest.

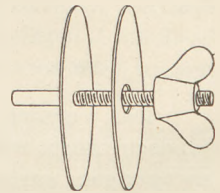


Fig. 3.

Zwischen zwei weiteren, lose aufgeschobenen Scheiben aus Metall kann man nun jede Pappscheibe einschieben und mit der Schraubenmutter gegen den aufgelöteten Anschlag pressen (Fig. 3).

Wie gestaltet sich nun das Arbeiten mit einer solchen Handschwungmaschine?

Der Hauptvorteil besteht darin, daß die Maschine nicht an einen Ort festgebannt ist. Sie ermöglicht dem Lehrer, experimentierend die Reihen der Schüler durchzugehen und so die Schüler die Vorgänge aus nächster Nähe beobachten zu lassen.

Das Glasgefäß wird eingespannt, eine geringe Menge Flüssigkeit wird eingegossen, und das Gefäß wird in Rotation versetzt. Die Flüssigkeit wird sich zu einem Ringe zusammenziehen und an der äußersten Stelle der Wölbung des Glasgefäßes schweben. Man tut gut, die Flüssigkeit zu färben oder etwas schwarzen Kaffee zu verwenden. Unter anhaltendem Drehen neige man die Maschine wagerecht und senke sie zuletzt so weit, daß das Glasgefäß nach unten hängt. Die Flüssigkeit bleibt immer ringförmig am Rande verteilt. Schaukelt man die Maschine schwach seitwärts, so ist zu beobachten, daß der Flüssigkeitsring nicht gleich der neuen Lage folgt, sondern noch kurze Zeit in der alten Rotationsebene verharrt, bis das Beharrungsbestreben allmählich überwunden ist.

Bei langsamem Aufhören der Rotation sinkt die Flüssigkeit langsam auf den Boden des Gefäßes. Hierbei entsteht eine schöne Trichterbildung, welche den Schüler erkennen läßt, daß die Zentrifugalkraft stärker ist, je weiter die Teile des Körpers vom Drehungspunkte entfernt sind.

Durch Benutzung des oben erwähnten Drahtsiebes entsteht aus dem einfachen Schleudergefäße eine Zentrifuge. Ein kleiner Schwamm wird in gesättigtem Zustande auf der Briefwaage gewogen. Hierauf wird er durch wenige Drehungen in der Zentrifuge ausgeschleudert und dann wieder gewogen. Der Gewichtsverlust muß mit dem Gewicht der ausgeschleuderten Wassermenge übereinstimmen.

Um die Beharrung in der alten Rotationsebene recht anschaulich und fühlbar zu gestalten, benutzt man eine starke Pappscheibe, welche in den oben beschriebenen Stutzen gespannt wird. Man wähle den Durchmesser der Scheibe möglichst groß (ungefähr 60 cm) und drehe die Maschine stark an. Hat die Scheibe genügend Schwung erhalten, so versuche man, die Maschine beliebig zu bewegen, man führe Handkreise aus. Die Scheibe wird unseren Bewegungen starken Widerstand entgegenzusetzen, und unsere Hand erscheint uns gewaltsam festgehalten.

Schraubt man in den Holzgriff der Maschine eine kleine Schrauböse, und zieht

man durch diese eine Schnur, so kann man die Maschine mit eingespannter Scheibe aufhängen. Man halte die Maschine wagerecht, drehe sehr stark an und lasse die Maschine los. Infolge der Beharrung in der alten Rotations-ebene wird die Maschine wagerecht hängen bleiben, bis die Rotationszahl nachläßt, und die Schwerkraft die Maschine herabzieht (Fig. 4).

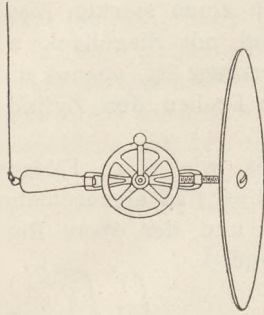


Fig. 4.

Der Versuch mit dem schwebenden Ringe an der Schnur läßt sich mit der Handschwungmaschine so gestalten, daß man mit der Maschine langsam Pendelbewegungen ausführt, sobald sich der Ring gehoben hat. Hierbei beobachte man, daß der Ring immer wagerecht schweben bleibt trotz der zeitweise schrägen Lage der Maschine.

Diese verschiedenen Verwendungsformen der Handschwungmaschine, die Möglichkeit, alle Versuche aus dem Kapitel Rotation mit ihr anstellen zu können, und der große Vorteil, im Unterrichte zum Schüler selbst zu kommen und ihm die Maschine zur eigenen Beobachtung zu überlassen, geben dem Werkzeuge das Recht, als Lehrmittel im Unterricht benutzt zu werden.

### Die Stellung der Mondsichel.

Von M. Koppe in Berlin.

Die Angabe in Heft 1 dieses Jahrganges<sup>1)</sup>, daß die Neigung der untergehenden Sichel des zunehmenden Mondes mit der geographischen Breite des Beobachters übereinstimme, wäre nur dann genau, wenn die Schiefe der Ekliptik ein sehr kleiner Winkel wäre. Im folgenden werden die Erscheinungen in besserem Anschluß an die Wirklichkeit geschildert.

1. Für einen Beobachter am Nordpol der Erde laufen die Fixsterne Tag für Tag parallel zum Horizont. Da die Sonne und der Mond eine sehr geringe Eigenbewegung haben, so gilt von ihnen fast dasselbe. Daß die Eigenbahnen von Sonne und Mond am Fixsternhimmel einen kleinen Winkel bilden, ist hierfür gleichgültig.

Über die gegenseitige Stellung von Sonne und Mond am Himmelsgewölbe ist hierdurch nichts ausgesagt; deshalb kann auch nicht behauptet werden, daß der Mond nur von der Seite, nicht von oben oder unten, Sonnenlicht empfangen könnte.

Für einen Beobachter am Äquator steigen die Sterne Tag für Tag senkrecht am Horizont auf und senken sich senkrecht zu ihm herab. Mond und Sonne tun nahezu dasselbe.

Daß aber nun der Mond nur von oben oder unten Sonnenlicht erhalten könnte, geht hieraus nicht hervor.

2. Die Linie, welche am Himmel die Hörner der Mondsichel verbindet, steht senkrecht auf dem größten Kreise, den man durch die Mittelpunkte der Sonnen- und der Mondscheibe legen kann.

Nehmen wir an, daß die schmale Sichel, um in der Dämmerung gut sichtbar zu sein, mindestens zwei Tage alt ist, so bildet der genannte Kreis mit der Ekliptik

<sup>1)</sup> E. Weber, Die Stellung der Mondsichel usw. Diese Zeitschr. 24. Heft 1, S. 25.



einen Winkel von  $11^\circ$ , wenn der Mond gerade möglichst weit (nämlich  $5^\circ$ ) von der Ekliptik entfernt sein sollte. Im allgemeinen ist der Winkel viel kleiner. Wir können daher sagen, daß nahezu die Mondsichel auf der Ekliptik selbst senkrecht steht. In der Tat beruht hierauf ein gutes Mittel, um von der Mondgestalt aus die Ekliptik und damit etwaige Planeten am Sternhimmel aufzufinden.

Zur Orientierung auf der Ekliptik beachte man, daß die Linie, die vom Ekliptikpol  $J$  (in den Drachenwindungen) über den Weltpol  $P$  geht, die Ekliptik in den Zwillingen trifft, die entgegengesetzte Richtung, von  $P$  über  $J$ , zu dem Schützen führt, und daß für unsere Gegend die Sternbilder Zwillinge, Jungfrau, Schütze, Fische, Zwillinge von rechts nach links aufeinander folgen.

3. Soll nun die Mondsichel wagerecht liegen, so muß die Ekliptik vertikal stehen, ihr Pol also am Horizont liegen. Der Weltpol  $P$  ist vom Ekliptikpol  $J$  um  $23\frac{1}{2}^\circ$  entfernt; es muß also die Polhöhe kleiner als  $23\frac{1}{2}^\circ$  sein; der Beobachter muß in den Tropen wohnen.

Steht in Java (am Äquator) der Pol  $J$  aufgehend am Horizont, so hat er die Richtung N  $23\frac{1}{2}^\circ$  O; zugleich gehen die Zwillinge in W  $23\frac{1}{2}^\circ$  N unter. Dort steht auch bei Sommersanfang bald nach Neumond die wagerechte Mondsichel; im Zenit steht das Sternbild der Jungfrau. — Ähnliches gilt für Wintersanfang: Der Pol  $J$  steht untergehend in der Richtung N  $23\frac{1}{2}^\circ$  W; Sonne und wagerechte Mondsichel stehen im Schützen und gehen in W  $23\frac{1}{2}^\circ$  S unter; im Zenit stehen die Fische.

In Assuan am nördlichen Wendekreis ist die Polhöhe  $23\frac{1}{2}^\circ$ . Die Höhe von  $J$  schwankt täglich von  $0^\circ$  bis  $47^\circ$ , so daß einmal  $J$  senkrecht unter  $P$  am Nordpunkt des Horizontes steht. Im Zenit steht dann die Mitte der nördlichen Ekliptik-Hälfte, das Sternbild Zwillinge, im Westen gehen die Fische unter. Dort ist bald nach Neumond im Frühling der Mond als wagerechte Sichel zu sehen.

Für Berlin mit der Polhöhe  $52\frac{1}{2}^\circ$  liegt die Höhe von  $J$  in den Grenzen  $52\frac{1}{2}^\circ \pm 23\frac{1}{2}^\circ$  oder  $29^\circ$  und  $76^\circ$ . Die Neigung der Mondsichel bald nach Sonnenuntergang ist im Frühling  $29^\circ$ , im Herbst  $76^\circ$ , bei Sommers- und bei Wintersanfang  $52^\circ$ .

4. Soll irgendwo die untergehende Mondsichel genau senkrecht stehen, so muß die Ekliptik wagerecht liegen, ihr Pol mit dem Zenit zusammenfallen. Der Weltpol hat dann die Höhe  $66\frac{1}{2}^\circ$ . Dies findet nur auf dem nördlichen Polarkreis statt, z. B. am Nordkap von Island, einmal des Tages.

Am Nordpunkt des Horizonts stehen dann die Zwillinge, im Westen die Jungfrau, im Süden der Schütze. Die westliche Hälfte des Horizonts wird also von jenem Teil der Ekliptik eingenommen, den die Sonne vom 21. Juni bis 21. Dezember beschreibt. In diesem Halbjahr kann man zwei Tage vor oder nach Neumond sowohl die abnehmende als die zunehmende Sichel, rechts und links von der Sonne, am Horizont suchen. Sie müßten vertikale Lage haben, werden aber wohl beide unsichtbar bleiben, weil sie mit der Sonne zugleich untergehen; es müßte denn gerade der Mond eine recht große nördliche Breite haben. In dem andern Halbjahr schwankt die Neigung der Ekliptik in der Nähe der untergehenden Sonne von  $0^\circ$  bis  $47^\circ$ ; es ist wie bei uns nur die zunehmende Mondsichel abends über dem Horizont. Bemerkenswert ist noch, daß in dem Halbjahre abnehmenden Tageslichtes die Sonnentage, wenn man sie von Sonnenuntergang rechnet wie früher in Italien, genau die Länge eines Sterntags haben.

Innerhalb des nördlichen Polarkreises nimmt die tägliche Höhenschwankung des Pols der Ekliptik wieder ab; bei  $80^\circ$  Breite liegt die Höhe von  $J$  zwischen ( $80^\circ - 23\frac{1}{2}^\circ$ ) und dem Supplement von ( $80^\circ + 23\frac{1}{2}^\circ$ ), also zwischen  $56\frac{1}{2}^\circ$  und  $76\frac{1}{2}^\circ$ . In denselben Grenzen ändert sich die Neigung der Mondsichel.

Am Nordpol der Erde ist die Höhe von  $P = 90^\circ$ , die von  $J$  beständig  $= 66\frac{1}{2}^\circ$ . Eben-  
sogroß ist auch die Neigung der tiefstehenden schmalen Mondsichel, die man kurz vor

Frühlingsanfang bei zunehmendem und bald nach Herbstanfang bei abnehmendem Mond beobachten kann.

Während bei uns die Schnittpunkte von Ekliptik und Horizont nur einen Teil des Horizonts, in der Nähe des West- und Ostpunktes, aber die ganze Ekliptik erfüllen, ist es in der kalten Zone umgekehrt: die Schnittpunkte erfüllen den ganzen Horizont, auf der Ekliptik nur die Nachbarschaft des Frühlingspunktes und des Herbstpunktes.

Zusatz: Der Dichter-Ingenieur Eyth gibt im „Kampf um die Cheops-Pyramide“ folgende Schilderung aus Ägypten:

„Der Mond, eine liegende Sichel, stand fast im Zenit, so hell, daß man die beschatteten Teile seiner Kugelform sehen konnte; die Sterne begannen in ihrer ganzen Pracht aus dem schwärzlichen Blau des Firmaments hervorzubrechen.“

Wenn bei Sonnenuntergang der Mond im Zenit steht, so hat er die Gestalt des ersten Viertels. — Sollen die beschatteten Teile zu sehen sein, so darf die Mondsichel nicht zu breit und zu hell sein. — Wenn eine Mondsichel am Zenit stände, so könnte man nicht sagen, daß sie liegt oder hängt oder stehend nach links oder rechts gekehrt ist. Sie hat alle diese Lagen je nach der Stellung des Beobachters.

Der Dichter hat alle merkwürdigen Züge, die er vom Mond je gehört, in ein Bild zusammengetragen, obwohl sie unvereinbar sind.

Ähnliche astronomische Schilderungen findet man bei Walter Scott, z. B. in Anna von Geierstein: „Der volle Mond ging im Nordwesten auf“, was man als Vorahnung der Marsmonde für den Mars deuten könnte. Ferner in Waverley: „Gegen Tagesanbruch wurde es ganz finster, weil die Sterne ausgelöscht wurden, und das Dämmerlicht der Sonne noch nicht genügend Ersatz für den Verlust bot.“ Die kritische Beleuchtung solcher Stellen wäre als Denkaufgabe recht geeignet.

### Zur Kritik der Lehre vom hydrodynamischen Druck.

Von H. Kleinpeter in Gmunden.

Die Erscheinungen des sogenannten negativen Drucks werden in den gangbaren Lehrbüchern entweder durch Bezugnahme auf das Prinzip der Erhaltung der Energie oder durch den Schluß aus der Ungleichheit der Geschwindigkeiten auf das Vorhandensein entsprechender Kräfte erklärt. In beiden Fällen findet sich die Behauptung, daß der Flüssigkeitsdruck an der engsten Stelle, wo die Geschwindigkeit am größten ist, am kleinsten ist. Dementsprechend findet man auch öfters die Angabe, daß bei Wasserluftpumpen an dieser Stelle sich das Saugloch befindet. Keine dieser Behauptungen entspricht den Tatsachen. Nimmt man ein Glasrohr, das an einer Stelle verengt ist, und bläst einen Luftstrom durch, so wird ein angesetztes Manometer zeigen, daß vor der Verengung der Druck größer, nach der Verengung kleiner als der äußere Luftdruck ist. An der engsten Stelle selbst ist er dem äußeren Drucke gleich. Dementsprechend haben die Wasserluftpumpen ihre Saugöffnung nicht an der engsten Stelle, sondern in dem Teile, wo sich der Wasserstrom verbreitert. Die Erklärung der (gar nicht vorhandenen) Tatsache ist daher notwendigerweise unrichtig. Die Stelle, wo der Wasserdruck gleich dem Atmosphärendruck ist, ist nicht jene, wo der Strahl den ganzen Apparat verläßt, sondern jene, wo er die engste Stelle passiert. Im weiteren Verlaufe wird das Wasser nicht mehr durch Überdruck, sondern durch seine eigene kinetische Energie weitergetrieben, die nun Arbeit gegen den äußeren Druck leistet. Die im Wasserstrahle vorhandene kinetische Energie vermehrt den Druck, der im Wasserstrahle sonst vorhanden wäre, so daß diese Summe den äußeren Druck überwindet; nach einer anderen Richtung hin ist aber nur der zweite Summand vorhanden, der für sich allein kleiner als der äußere Druck ist.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Ein absolutes Bolometer von hoher Empfindlichkeit.** Von M. SEDDIG. (*Ber. d. Deutsch. Phys. Gesellsch.* 1911, S. 53.) Zur Messung geringer Temperaturdifferenzen ist das Bolometer mit der in Fig. 1 wiedergegebenen Schaltung üblich, bei der zwei Zweige, z. B. I

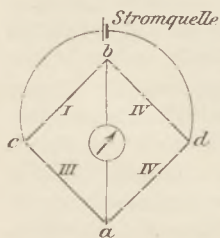


Fig. 1.

und II, aus Material von hohem Temperaturkoeffizienten bestehen und der zu messenden Temperatur ausgesetzt werden, während die beiden anderen Zweige, III und IV, aus Material von möglichst niedrigem Temperaturkoeffizienten hergestellt sind und auf konstanter Temperatur gehalten werden. Dieses Konstanthalten des Widerstandes in den Zweigen III und IV ist jedoch mit Schwierigkeiten verbunden und niemals vollkommen erreichbar.

Bei dem vorliegenden Bolometer werden sämtliche Zweige I bis IV der zu messenden Temperatur ausgesetzt, so daß also das Konstanthalten eines Teiles der Brückenarme ausfällt. Es sind paarweise je zwei einander gegenüberliegende Zweige (I und II bzw. III und IV) aus Material von positivem bzw. negativem elektrischen Temperaturkoeffizienten hergestellt, z. B. aus Eisen und Kohle. Angenommen, die vier Zweige haben bei einer bestimmten Anfangstemperatur vollkommen gleichen Widerstand, und es bestehen die Zweige I und II aus Eisen, III und IV aus Kohle, so wird bei einer Temperaturerhöhung der Widerstand in I und II sich erhöhen und gleichzeitig in III und IV sich erniedrigen. Es fließt dann ein Strom in Richtung  $ab$  durch das Galvanometer. Umgekehrt bei einer Abkühlung. Durch die gleichzeitige Verwendung sämtlicher Brückenarme zur Temperaturmessung wird die Empfindlichkeit der Bolometeranordnung erheblich gesteigert. Bei Gebrauch von höchstempfindlichen Galvanometern ist eine Empfindlichkeit von etwa ein zweimilliontel Grad Temperaturdifferenz erreichbar.

Dieses Bolometer läßt sich, einmal geeicht, ebenso bequem zu absoluten Temperaturablesungen verwenden wie ein Thermometer, da keinerlei Bezug genommen wird auf Brückenarme, deren Temperatur konstant zu halten ist.

Um das Instrument innerhalb weiter Temperaturgrenzen verwendbar und auf beliebige Anfangstemperaturen einstellbar zu machen, werden z. B. die Zweige I und II bei  $c$  und  $d$  nicht direkt zu den Zweigen III und IV geführt, sondern erst unter Zwischenschaltung eines variablen Widerstandes mit diesen verbunden. Dieser besteht aus einem dicken Kupferdraht und einem parallel dazu gespannten, etwa 0,3 mm starken Konstantandraht, längs denen ein mittels Schrauben festklemmbares Metallstück verschiebbar ist. Je nach der Stellung des Metallstückes auf den beiden Drähten, ob nahe an den beiden Anschlußstellen I und III oder weiter davon entfernt, ist der zum Zweige I zugeschaltete Widerstand größer oder kleiner und die Stromlosigkeit des Galvanometers bei einer anderen Temperatur bedingt. An dem Kontaktstück ist ein Index angebracht, der an einer auf „Nulltemperaturen“ geeichten Skala vorübergeht.

In den Fällen, in denen das Bolometer störenden Temperaturschwankungen ausgesetzt ist, und in denen der Nullpunkt des Galvanometers stets rasch wieder einstellbar sein soll, werden zweckmäßig „Kompensationsbrücken“  $aa'$  und  $bb'$  (vgl. Fig. 2) eingeschaltet, an deren Schleifkontakten die Nachregulierung der Nullpunktlage des Galvanometers in jedem Augenblicke erfolgen kann. Diese Kompensationsbrücken sind in einem Abstande vom Bolometer und mit diesem durch starke Kupferdrähte verbunden aufzustellen.

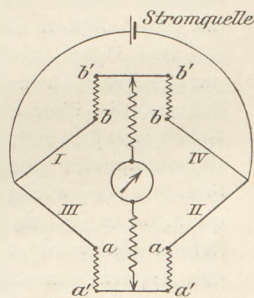


Fig. 2.

Zweckmäßig ist es, den Widerstand der einzelnen Bolometerzweige so groß wie möglich zu wählen, damit die an den Kontaktstellen der Leitungen stets auftretenden Thermostrome usw. keinen merklichen Einfluß auf das Galvanometer ausüben. Zur Erzielung größtmöglicher Empfindlichkeit soll im allgemeinen der Galvanometerwiderstand gleich dem Widerstand der einzelnen Brückenarme sein. Die Herstellung dieses Bolometers hat die Firma E. Leybolds Nachf. in Köln übernommen.

Das Bolometer kann auch dazu dienen, die Temperaturänderungen in einer gehobenen oder gesenkten Luftmasse nachzuweisen. Zur Begrenzung der zu hebenden bzw. zu senkenden Luftmasse

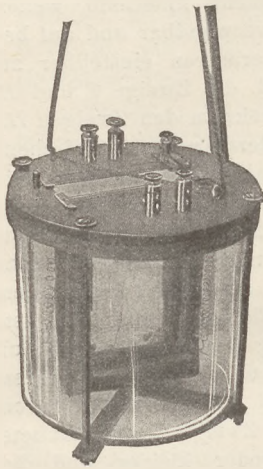


Fig. 3.

dient ein Glasgefäß von etwa 20 cm Höhe und Durchmesser, das mittels Holzdeckels verschlossen und an dem die Bolometer-Vorrichtung angebracht ist (vgl. Fig. 3). Im Innern des Gefäßes befinden sich Holzrähmchen, über welche die Bolometerzweige möglichst frei gespannt sind. Auf der Außenseite des Deckels sitzen die Zuleitungsklemmen für Stromquelle und Galvanometer. Durch ein dünnes Röhrchen im Deckel kann das Innere des Gefäßes mit der Außenluft kommunizieren. Da die Temperaturänderungen möglichst adiabatisch erfolgen sollen, wird das ganze Gefäß mit einer dicken Filzhülle umgeben.

Das Heben und Senken dieses Apparates geschieht zweckmäßig durch eine Schnur, die über eine Rolle geführt ist. Bei Verwendung eines hochempfindlichen Galvanometers genügt ein Heben und Senken von wenigen Zentimetern. Bequem ist es jedoch, mit weniger empfindlichem Galvanometer zu arbeiten und den Apparat um etwa 1 m zu heben bzw. zu senken. Die Verbindung des Apparates mit der Stromquelle und den Kompensationsbrücken erfolgt mittels genügend langer, biegsamer Kabel. Von den Schleifkontakten der Kompensationsbrücken werden die Zuleitungen zum Galvanometer geführt. Der Batteriestrom soll nicht mehr als etwa 0,02 Amp. betragen, da sonst störende Erwärmungen in den Brückenweigen und Luftströmungen im Gefäß auftreten.

Beim Heben des Apparates zeigt das Galvanometer einen Ausschlag in der einen Richtung, beim Senken in der entgegengesetzten. Der richtige Sinn des Ausschlags wird durch leichtes Hineinblasen von Luft in das Gefäßinnere nachgewiesen.

Der durch diese Kompressionswärme erzeugte Ausschlag muß in der gleichen Richtung erfolgen wie der beim Senken des Apparates auftretende.

**Kleine automatische Bogenlampe mit Projektionsrichtung.** Von M. SEDDIG. (Ber. d. Deutsch. Phys. Gesellsch. 1911, S. 57). Die Lampe (Fig. 4) ist der Grimsehl'schen Liliputlampe ähnlich eingerichtet. Sie hat an zwei gegenüberliegenden Stellen zwei Projektionsfenster, durch die das Licht für die Projektion austritt; da die Kohlen beide in der Achse der Lampe angeordnet sind, und die dünnen Kohlenenden im ganzen weißglühend werden, so kann man das Licht nach beiden Seiten hin gleichzeitig ausnutzen, z. B. zwei Elektroskope oder Thermometer gleichzeitig projizieren und die Bilder auf dem Schirm durch Spiegel einander nähern oder zur Deckung bringen. An der Seite des zylindrischen Gehäuses ist ein kräftiger Führungsstab angebracht, auf den die einzelnen optischen Elemente (Linsen, Spalte, Prismen, Spiegel, Blenden usw.) aufgesetzt und verschoben

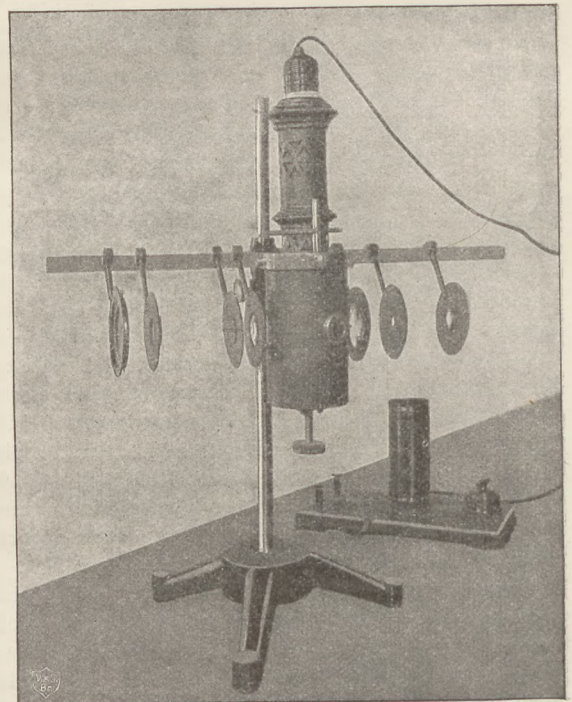


Fig. 4.

werden können. Dieser Führungsstab befindet sich genügend seitlich von der optischen Achse, so daß Thermometer usw. sich in den Strahlengang bringen lassen. Die ganze Apparatur



ist an einem Stiele befestigt und mit diesem in einer bequemen Führungshülse an einem schweren Stativ anklammerbar und in der Höhe und nach allen Richtungen beliebig verstellbar.

Die Bogenlampe reguliert zuverlässig auch noch in schräger Lage, für kürzere Zeit (drei bis vier Minuten) sogar auch bei vertikal gestellter Führungsschiene, also mit horizontal liegenden Kohlen.

**Eine Neuerung an der Wheatstoneschen Meßbrücke.** Von M. SEDDIG. (*Ber. d. Deutsch. Phys. Gesellsch.* 1911, S. 61). Die Zuverlässigkeit des Schleifkontaktes läßt bei den meisten Meßbrücken und besonders nach einzelnerm Gebrauche zu wünschen übrig. Um einen zuverlässigen Kontakt zu erzielen, ist der Brückendraht über die etwas abgerundete Kontaktschneide des Schlittens (Fig. 5)

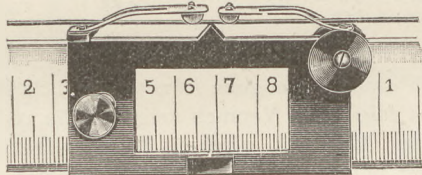


Fig. 5.

geführt und wird durch zwei isolierte Federn, die nahe der Kontaktstelle angreifen, ständig und gleichmäßig auf die Kontaktschneide aufgedrückt. Der Kontaktschlitten gleitet über einem Maßstabe, der auf beiden Seiten geteilt ist, und zwar auf der einen Seite von links nach rechts laufend und auf der anderen Seite, mit auf dem Kopf stehenden Ziffern, von rechts nach links. Es können dadurch in bequemster Weise die Strecken links und rechts vom Kontakt an den beiden Skalen direkt abgelesen werden.

**Die Leistungsfähigkeit des Galvanometer-Spiegels.** Von WILHELM VOLKMANN. (*Physikal. Zeitschr.* 1911, S. 30.) Für einen Galvanometerspiegel ist ebenso wie für ein Fernrohr das Auflösungsvermögen dadurch beschränkt, daß jeder Punkt nicht streng punktförmig, sondern als eine runde Öffnung entsprechende Beugungsfigur abgebildet wird. Hat das Fernrohrobjektiv oder der Spiegel den Halbmesser  $h$ , und ist  $\lambda$  die Wellenlänge des Lichtes, so tritt der erste dunkle Beugungsring um den abgebildeten hellen Punkt an den Stellen auf, die, von der Mitte des Objektivs gesehen, einen Kegel bestimmen, der zwischen Achse und Seite den Winkel  $\varphi$  einschließt, und es ist

$$(\sin \varphi) = \varphi = 0,61 \frac{\lambda}{h}.$$

Man nimmt an, daß zwei Punkte unterscheidbar sind, wenn die Mitte des einen Beugungsbildes auf den ersten dunklen Ring des anderen fällt. Setzt man die mittlere Wellenlänge weißen Lichtes  $\lambda = 0,00056$  mm, so hat also ein Spiegel vom Halbmesser  $h$  mm das Auflösungsvermögen

$$A = \frac{h}{1,17}, ^1)$$

oder mit anderen Worten: Eine Millimeter-skale, die 4000 Halbmesser vom Spiegel entfernt ist, zeigt die Striche schon fast ineinander verschwommen. Nun wünscht man aber bei der Ablesung mit Skale und Fernrohr am Okularfaden noch Zehntel der Teilung zu schätzen. Bis zu welcher Entfernung das möglich ist, läßt sich nicht so leicht berechnen, weil zu viele Annahmen gemacht werden müssen, die auch auf die um den Faden sich gruppierenden Beugungen zu beziehen sind. Es schien mir deshalb besser, durch photographische Aufnahmen diese Frage zu entscheiden<sup>2)</sup>. Die Figur 1 vereinigt eine Reihe von Aufnahmen. Zuerst ist die Millimeter-skale, die zu den Versuchen diente, in dem Maßstab der anderen Bilder nach Aufnahme mit einem guten photographischen Objektiv abgebildet. Die folgenden Bilder sind durch ein Fernrohr mit einer dahinter gestellten Kamera mit gutem Objektiv photographiert, wobei der Reihe nach dicht vor das Fernrohr-objektiv Blenden von 11, 5,6, 4, 2,8 und 2 mm Durchmesser gesetzt waren. Der Abstand zwischen diesen Blenden und der Skale betrug 5 m. Der Quarzfaden im Okular war 0,004 mm dick. Wie man sieht, hört in Übereinstimmung mit der angegebenen Formel die Erkennbarkeit der Striche zwischen 2,8 und 2 mm Blendendurchmesser auf. Ob man bei 5 mm Blendendurchmesser noch die Zehntel schätzen kann, dürfte zweifelhaft sein; bei 10 mm Blendendurchmesser aber scheint es mir recht bequem möglich. Die Grenzen für Erkennbarkeit der Striche und Schätzbarkeit der Zehntel liegen also näher beieinander, als man glauben sollte. Bei 1000 Spiegelhalbmesser Abstand kann man auf einer Millimeter-skale recht gut Zehntel schätzen. Erforderlich ist allerdings

<sup>1)</sup> P. Drude, Lehrbuch der Optik, 2. Aufl. S. 220.

<sup>2)</sup> Die Figuren sind, abweichend von der ersten Veröffentlichung, in der Größe der Originalaufnahme wiedergegeben.

eine ausreichende Fernrohrvergrößerung, damit nicht die durch die Struktur der Netzhaut bedingte geringere Leistungsfähigkeit des Auges ein Hindernis bilde. Je nachdem man das Fernrohr nahe am Spiegel oder hinter der Skale aufstellt, hat man für jeden mm Spiegelhalbmesser 3 oder 6 Vergrößerungs-

gungen gut erkennt. Die scharfen schwarzen Pünktchen sind mitvergrößerte Fehler der leider recht löcherreichen Platte.

**Einige Versuche über Brechung durch inhomogene Media.** Von R. W. WOOD<sup>1)</sup>. Die scheinbare Vergrößerung eines Gegenstandes

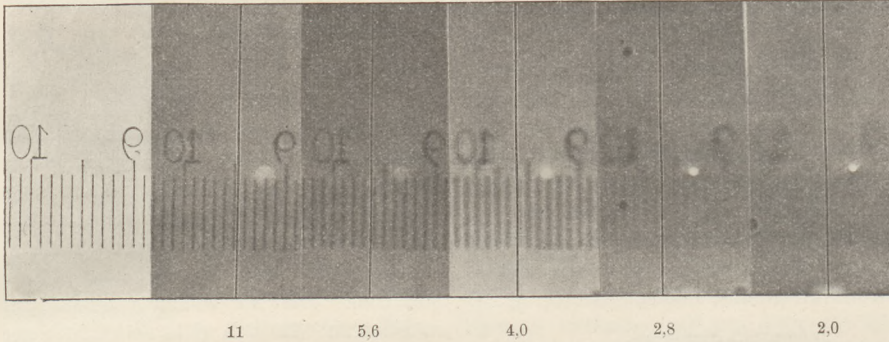


Fig. 1.

einheiten nötig, um die volle Leistung ausnutzen zu können.

Die Ringe, die in den letzten Abbildungen auftreten, stammen von der Beugung an Stäubchen auf einer der Linsen; die beiden hellen Flecke sind Spiegelflecke, Bilder einer Blende, die in einem Abstand von der

durch eine inhomogene Atmosphäre läßt sich durch folgenden Versuch zeigen. Ein rechteckiges Glasgefäß wird mit Gelatine gefüllt, in der mittels eines mit heißem Wasser gefüllten Probiergläschens ein zylindrischer Hohlraum hergestellt wird. Dieser wird mit einer Mischung von Glycerin und pulve-

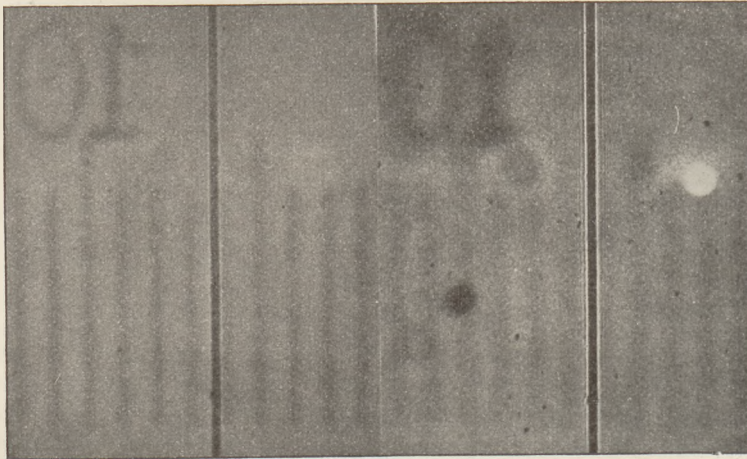


Fig. 2.

Platte entstanden und deshalb mit Verkleinerung der Blende schärfer und deutlicher geworden sind. Weil diese Einzelheiten in der Reproduktion sehr verwischt werden, sind in Figur 2 noch einmal Vergrößerungen der mit 5,5 und 2,8 mm Blendendurchmesser erhaltenen Aufnahmen abgebildet, in denen man auch die den Faden umgebenden Beu-

risiertem Kalk zur Hälfte gefüllt, in den übrigen Teil des Hohlraums gießt man Wasser, dem einige Tropfen Milch hinzugesetzt sind. Das Glycerin diffundiert allmählich in die Gelatine und erhöht ihren Brechungsindex. Man sieht dann, wie die in dem unteren Teil

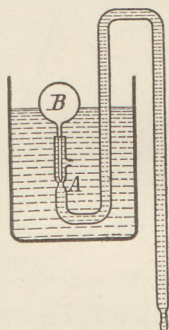
<sup>1)</sup> Phil. Mag. 20, 712 (1910).



des Hohlraums befindliche weiße Füllung vergrößert erscheint.

Der Verf. zeigt ferner, wie die von Exner beschriebenen Pseudolinsen durch Gelatine-zylinder von abnehmendem Brechungsindex hergestellt werden können. Zwei Probiergläser werden mit flüssiger Gelatine gefüllt; das eine erhält einen Zusatz von Glycerin, das andere einen Zusatz von Wasser. Nach der Erstarrung wird die Masse ausgestoßen, in zylindrische Scheiben geschnitten und jede Scheibe zwischen zwei dünnen Glasplatten befestigt. Der Wasser enthaltende Zylinder wird dann in Glycerin, der Glycerin enthaltende in Wasser getaucht, so daß beide Flüssigkeiten hineindiffundieren. Der erstere Zylinder wirkt dann als Konkav-, der zweite als Konvexlinse. Die Brennweite war 8—10 cm; man erhielt scharfe Bilder des Fadens einer Glühlampe.

Schk.



**Ein Heber mit Selbstregulierung.** Von W. H. TAIT (*Nature*, March 9, 1911). Der Heber soll dazu dienen, das Flüssigkeits-

niveau im Abflußgefäß nicht unter eine bestimmte Höhe sinken zu lassen. Zu dem Zweck ist der U-förmig gebogene Heber

an der Stelle A verengt, und ein Schwimmer B ist mit einem Glasstab verbunden, dessen unteres Ende den Heber bei H gerade zu verschließen vermag. Sinkt die Flüssigkeit, so senkt sich auch der Schwimmer und verschließt den Heber. Hebt sich die Flüssigkeit, so kann der Überfluß durch den Heber abströmen.

**Ein sehr einfacher Apparat zur Gasverflüssigung.** Von C. BENEDICKS<sup>1)</sup>. Ein dickwandiges Glasrohr von etwa 1,1 mm lichter Weite und 15 cm Länge wird unten etwas erweitert, oben zu einer Spitze ausgezogen, so daß ein Stück von 1 bis 1,5 cm mit 0,2 bis 0,3 mm lichter Weite entsteht. Das Rohr wird ganz mit  $CO_2$  gefüllt, oben zugeschmolzen, unten durch einen Hg-Tropfen geschlossen. Als Druckkolben dienen kleine, abwechselnd aufeinandergelegte Scheibchen von Leder und Vulkanfaser, deren Durchmesser der lichten Weite des Rohres entspricht. Wird der Druckkolben durch einen Stahldraht hineingepreßt, so füllt sich der verengte Rohrteil über dem Hg mit flüssiger Kohlensäure. Der Druck kann mit einer einfachen Schraubzwinge ausgeübt werden. Zur Projektion empfiehlt es sich, die Spitze des Rohres in ein kleines mit Glycerin gefülltes Plangefäß einzutauchen, wobei durch Erwärmen des Glycerins die kritische Temperatur ( $31^\circ$ ) überschritten werden kann.

Schk.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Untersuchungen im ultraroten Spektralgebiet.** Die Beziehungen zwischen den optischen und elektrischen Konstanten der Metalle waren schon früher von HAGEN und RUBENS untersucht und im Gebiet der ultraroten Strahlen der Maxwell'schen Theorie entsprechend gefunden worden, während im sichtbaren Spektralgebiet, wo die Eigenschwingungen der Moleküle eine große Rolle spielen, eine solche Übereinstimmung nicht vorhanden war (diese Zeitschr. XVI, 294; 1903). In zwei neueren Arbeiten untersuchten die Verf. die Abhängigkeit des Emissionsvermögens der Metalle von der Temperatur und versuchten dabei besonders festzustellen, bei welchen Wellenlängen die Übereinstimmung mit der Maxwell'schen Theorie aufhört<sup>1)</sup>. Nach dieser ist das Emissions-

vermögen eines Metalls für die Wellenlänge  $\lambda$  und den spezifischen Widerstand  $\sigma$   $J = 36,5 \sqrt{\sigma/\lambda}$ .  $J$  ist also von  $\sigma$ , d. h. auch von der Temperatur, abhängig. Die Verf. bestimmten für die Reststrahlen von Flußspat ( $\lambda = 26 \mu$ ), Quarz ( $\lambda = 8,85 \mu$ ) und Kalkspat ( $\lambda = 6,65 \mu$ ), die Strahlungsintensitäten von Silber, Platin, Nickel, Messing, Platinsilber, Konstantan und Nickelstahl bei wachsenden Temperaturen bis  $500^\circ$ ; gleichzeitig wurde durch besondere Versuche auch für den schwarzen Körper die Abhängigkeit der Strahlungsintensität von der Temperatur bestimmt. Aus den beiden durch Kurven dargestellten Beobachtungsreihen wurden die Strahlungsintensitäten für die Temperaturen  $100^\circ$ ,  $200^\circ$ ,  $300^\circ$ ,  $400^\circ$ ,  $500^\circ$  entnommen und das Emissionsvermögen  $J'$  berechnet. Das aus den Beobachtungen gewonnene  $J'$  wurde dann mit dem aus der Formel erhaltenen

<sup>1)</sup> Ber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1909, S. 478; 1910, S. 467. Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 10, 710 (1908); 12, 172 (1910).

<sup>1)</sup> Phys. Zeitschr. 11, 547 (1910).

$J$  verglichen. Der Mittelwert von  $J/J'$  schwankte zwischen 0,96 und 1,09, ist also von 1 kaum verschieden. In den betrachteten Spektralgebieten entsprechen also die optischen Temperaturkoeffizienten noch nahezu den elektrischen. Die zu erwartenden Übergänge mußten also in dem kurzwelligeren Teile des ultraroten Spektrums unterhalb  $\lambda = 6,65 \mu$  zu suchen sein. Da für diesen Bereich die Reststrahlenmethode versagt, mußte die notwendige spektrale Zerlegung mit Hilfe eines Spektrometers bewerkstelligt werden. Wegen des hierbei eintretenden Energieverlustes müssen die Metalle auf sehr hohe Temperaturen gebracht werden, und man ist daher im wesentlichen auf Metalle der Platingruppe angewiesen. Am geeignetsten erwiesen sich reines Platin und die Platin-Rhodiumlegierung der Le Chatelierschen Thermolemente. Für diese wurden die Isochromaten bei  $\lambda = 2 \mu$ ,  $\lambda = 4 \mu$  und  $\lambda = 6 \mu$  innerhalb des Temperaturbereichs von 400 bis 1400° C aufgenommen und mit den Isochromaten des schwarzen Körpers verglichen, die sich aus der Planckschen Formel für die gleichen Wellenlängen ergaben. Es zeigte sich, daß der Temperaturkoeffizient des Emissionsvermögens für  $\lambda = 6 \mu$  noch ganz, für  $\lambda = 4 \mu$  noch zu  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{9}{10}$  den von der elektromagnetischen Lichttheorie geforderten Wert besitzt, daß dagegen für  $\lambda = 2 \mu$  eine Änderung des Emissionsvermögens mit der Temperatur nicht mehr zu bemerken ist. Daraus geht hervor, daß der Übergang in den „optischen“ Temperaturkoeffizienten in den „elektrischen“ bei den beiden Metallen zum größten Teil in dem Spektralgebiet zwischen  $\lambda = 2 \mu$  und  $\lambda = 4 \mu$  sich vollzieht. Ergänzt wurden diese Versuche durch Bestimmungen des Reflexionsvermögens von Nickel, Stahl, Konstantan, Spiegelmetall bei verschiedenen Temperaturen für das Gebiet von  $0,78 \mu$  bis  $5 \mu$ . Die Strahlen einer Nernstlampe wurden vor dem Eintritt in das Spektrometer sechsmal an Spiegeln der betreffenden Metalle reflektiert; die Metalle wurden dabei in einem elektrischen Ofen bis auf 200–300° erwärmt. Aus dem so bestimmten Reflexionsvermögen läßt sich dann das Emissionsvermögen berechnen. Bis  $\lambda = 2 \mu$  war die Änderung des Emissionsvermögens mit der Temperatur sehr klein. Von  $\lambda = 2 \mu$  an war der Temperaturkoeffizient immer mehr der Theorie entsprechend und erreichte (außer bei Stahl) für  $\lambda = 5 \mu$  den von der Theorie geforderten Wert.

Als Absorptionsfilter für Wärmestrahlen benutzten R. A. HOUSTON und

J. LOGIE nach dem Vorgange von Rußner eine Lösung von Ferroammoniumsulfat, die davon 12,56 g auf 1 l Wasser enthält<sup>2)</sup>. Damit wurde ein Glastrog von 3 cm lichter Weite gefüllt. Mit der Thermosäule wurde festgestellt, daß der Trog mit Ferroammoniumsulfat 5,1%, ein ähnlicher Trog mit Wasser 11% der Strahlung einer Glühlampe hindurchließ. Ermittelt man die von den beiden Trögen hindurchgelassene Energie für verschiedene Wellenlängen, so erhält man für die prismatische Energiekurve eines Nernstkörpers  $a$  (Fig. 1) für Wasser,  $b$  für Ferroammonium-

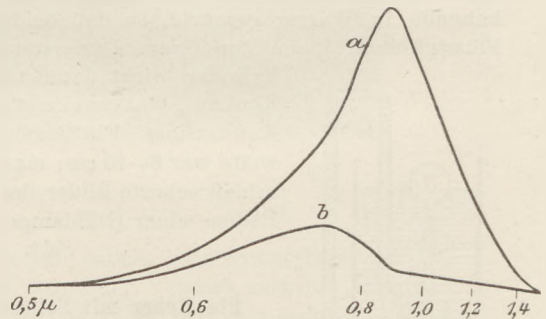


Fig. 1.

sulfat; die Abszissen sind Wellenlängen, die Ordinaten Galvanometerausschläge. Die Wirkung des Filters geht daraus deutlich hervor.

Zur Aussonderung der langen Wellen aus der Gesamtstrahlung einer Lichtquelle benutzen H. RUBENS und R. W. WOOD an Stelle von Quarzprismen Quarzlinsen<sup>3)</sup>. Die Anordnung ist in Fig. 2 dargestellt. Als Lichtquelle dient der Strumpf einer hängenden Gasglühlampe  $A$ .  $D$  ist ein Klappschirm,  $L_1$  und  $L_2$  sind zwei Quarzlinsen,  $C$  und  $E$  zwei Diaphragmenschirme,  $M$  ein Mikroradiometer. Der Abstand der Linse  $L_1$  von  $C$  und  $E$  ist so gewählt, daß in  $F$  nur von solchen Strahlen ein scharfes Bild des Diaphragmas  $B$  entworfen wird, für welche der Quarz einen Brechungsexponenten besitzt, der der Quadratwurzel aus seiner Dielektrizitätskonstante  $D$  für langsame Schwingungen gleich ist. Nimmt man  $D = 4,6$ , so wird  $n = 2,14$ . Die kurzwelligen Strahlen sind dann beim Austritt aus der Linse  $L_1$  noch divergent; ihr innerer Teil wird durch die Blende  $a_1$ , ihr äußerer (durch die feinpunktierten Linien begrenzter) Teil von dem Schirm  $E$  zurückgehalten. Zur Beseitigung der etwa noch vorhandenen diffusen Strahlung wird der-

<sup>2)</sup> Phys. Zeitschr. **11**, 672 (1910).

<sup>3)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **13**, 88 (1911).



selbe Aussonderungsprozeß durch die mit der Papierscheibe  $\alpha_2$  bedeckte Quarzlinse  $L_2$  noch einmal wiederholt. Da bei dieser Methode Strahlenbündel von sehr weiter Öffnung verwandt werden, die Schwächung der langwelligen Strahlung durch Reflexion und Absorption gering ist, so ist die Methode sehr lichtstark. Zur Bestimmung der Wellenlänge und der Energieverteilung der isolierten Strahlung diente das Quarzinterferometer (diese Zeitschr. XXIII, 238). Die Energiekurve zeigte ein Minimum bei  $46 \lambda_D$ , ein Maximum bei  $85 \lambda_D$ , ein zweites Minimum bei  $122,5 \lambda_D$ .

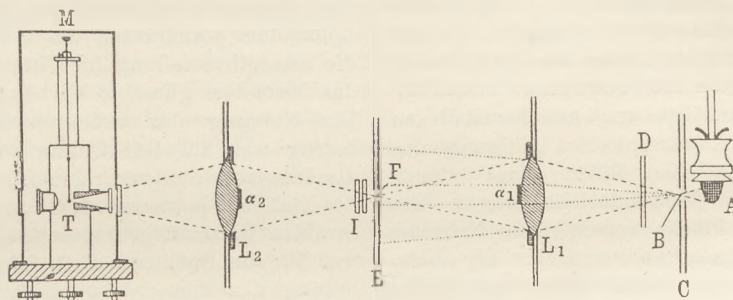


Fig. 2.

Die aus diesen drei singulären Punkten berechnete mittlere Wellenlänge war  $108,2 \mu$ ,  $100 \mu$ ,  $96,3 \mu$ . Die isolierte Strahlung ist also nicht sehr homogen, besitzt aber Wellenlängen, die bisher noch nicht zur Verfügung standen. Die Verf. bestimmten die Durchlässigkeit und das Reflexionsvermögen verschiedener Stoffe für diese langwelligen Strahlen. Paraffin, Hartgummi, Quarz, Diamant waren sehr durchlässig, ebenso schwarzes Papier und besonders auch Ruß in dünner, aber für Sonnenlicht völlig undurchsichtiger Schicht (die Lötstelle eines Thermoelements wird daher nicht ausreichend mit Ruß allein geschwärzt; viel besser wirkt ein Gemisch von Ruß und Natronwasserglas). Wasser und Wasserdampf waren stark absorbierend, Benzol und Benzoldampf sehr durchlässig. Das Reflexionsvermögen von Steinsalz, Flußspat und einer Glassorte für die langwellige Strahlung kam dem aus der Dielektrizitätskonstanten berechneten Wert schon sehr nahe.

Durch eine Kombination der beschriebenen Versuchsanordnung mit der Reststrahlenmethode gelang es H. RUBENS, langwellige Reststrahlen des Kalkspats zu isolieren<sup>4)</sup>. Zwischen C und  $L_1$  der Fig. 1 wurden zwei Kalkspatflächen so angebracht, daß die von B kommenden Strahlen erst nach zweimaliger

Reflexion an den Kalkspatflächen in die Linse  $L_1$  eintraten. Die kurzwelligen Reststrahlen des Kalkspats wurden hierdurch eliminiert. Die Wellenlängenbestimmung mit dem Quarzinterferometer ergab, daß die beobachtete Reststrahlung aus einem stärkeren kurzwelligen ( $\lambda_1 = 93 \mu$ ) und einem schwächeren langwelligen Streifen ( $\lambda_2 = 116,1 \mu$ ) bestand; die mittlere Wellenlänge war  $\lambda_0 = 98,7 \mu$ .

Mit der Methode der Quarzlinse haben ferner H. RUBENS und O. v. BAWYER, eine äußerst langwellige Strahlung des Quecksilberdampfs nachgewiesen<sup>5)</sup>. Eine

Quarzquecksilberlampe von 4 Amp. bei 100 Volt und einer Lichtbogenlänge von etwa 80 mm ergab eine Strahlung, die einen sehr konstanten Ausschlag des Mikroradiometers von mehr als 50 mm hervorrief. Die Strahlung hatte eine durchaus andere Zusammensetzung als die eines Auerstrumpfs, deren mittlere Wellenlänge etwa  $107 \mu$  ist. Sie besteht aus zwei Teilen, von denen der eine von den heißen Quarzwänden, der andere vom Hg-Dampf ausgesandt wird. Um den letzteren Teil auszusondern, eignete sich ein Filter aus schwarzer Pappe. Quarz ist für die Strahlung überaus durchlässig. Die durch schwarze Pappe filtrierte Strahlung muß eine etwa achtmal so dicke Quarzschicht durchdringen, um auf denselben Bruchteil ihrer Anfangsintensität geschwächt zu werden, als die von dem Auerstrumpf herrührende Strahlung. Auch Wasser zeigt für die filtrierte Hg-Strahlung ein viel geringeres Absorptionsvermögen als für die Auerstrahlung. Wellenlängenbestimmungen wurden mit dem Interferometer vorgenommen. Aus diesen ergab sich, daß ein großer Teil der vom Hg-Dampf ausgehenden Strahlung eine mittlere Wellenlänge von  $313 \mu$  oder nahezu 0,3 mm besitzt. Das ultrarote Spektrum erfährt dadurch eine

<sup>4)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **13**, 102 (1911).  
U. XXIV.

<sup>5)</sup> Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akademie d. Wissensch. 1911, S. 339.

Erweiterung um  $1\frac{1}{2}$  Oktaven. Da die Temperatur der Quecksilberbogenlampe mehrere  $1000^\circ$  beträgt, so ist wohl anzunehmen, daß es sich um eine Temperatur- und nicht um eine Lumineszenzstrahlung handelt.

Zur Untersuchung des ultraroten Spektrums hat R. W. WOOD ein besonderes Gitter konstruiert, das er „Echelette-Gitter“ (Sprossengitter) nennt<sup>6)</sup>. Eine polierte Kupferplatte wurde mit Gold plattiert und poliert. Die Striche wurden in diese Platte mit einem Karborundkristall eingeritzt. Bei der dadurch erhaltenen Ritze wird kein Metall fortgenommen: die Ritze wird durch Zusammendrücken des Metalls gebildet. Da der Winkel der ritzenden Kanten der hexagonalen Karborundplatten  $120^\circ$  beträgt, so bilden die Seitenflächen der Ritze auch annähernd diesen Winkel. Durch verschiedene Neigung des Kristalls erhält man Rillen verschiedener Gestalt, deren Seitenflächen gegen die ursprüngliche Fläche verschiedene Neigung haben. Die Ritzen haben optisch völlig ebene Seitenflächen; man erhält daher von einem vor dem Gitter befindlichen Objekt ein nach der einen Seite verschobenes scharfes Spiegelbild. Daher wird auch ein großer Prozentsatz der Energie auf ein bis zwei Spektren links vom Mittelbilde geworfen, dagegen geringe oder gar keine Spuren irgendwelcher Energie rechts von diesem. Im sichtbaren Licht fehlt das Mittelbild, und der größere Teil der Energie wird in eine Gruppe von Spektren geworfen, etwa von der 12. bis zur 16. oder von der 24. bis zur 30. Ordnung. Als Reflexionsgitter mit verhältnismäßig geringer Verzögerung steht es zwischen dem gewöhnlichen Gitter und dem Stufengitter (*echelon*).

Im Ultrarot zeigt das Sprossengitter ein weit höheres Auflösungsvermögen, als bisher je verfügbar gewesen ist, und zwar vereint mit großer Leistungsfähigkeit. Mit A. TROWBRIDGE zusammen bestimmte WOOD die Intensitätskurven der Reststrahlen des Quarzes ( $\lambda = 8,6 \mu$ ) und verglich sie mit der von RUBENS mit dem Steinsalzprisma erhaltenen Kurve<sup>7)</sup>. Maxima und Minima sind dieselben, aber schärfer ausgeprägt. Ebenso wurde die mit der  $CO_2$ -Strahlung einer Bunsenflamme ( $\lambda = 4,3 \mu$ ) erhaltene Kurve bestimmt. Die Dispersion des Sprossengitters in der Nähe der  $CO_2$ -Bande war nahezu 17mal so groß als die eines Steinsalzprismas von  $60^\circ$  in der-

selben Gegend, 4mal so groß wie die eines Flußspatprismas. Die Verf. bestimmten mit denselben Strahlenarten auch die Verteilung der Energie bei verschiedenen Echelettegittern. Die kleinste dabei benutzte Gitterkonstante betrug  $0,0123 \text{ mm}$ , die größte  $0,05 \text{ mm}$ . Bei Anwendung der genannten langen Wellen ist das Verhältnis zwischen der Gitterkonstanten und der Wellenlänge ungefähr dasselbe, das sich ergibt, wenn man sichtbares Licht und die gebräuchlichen optischen Gitter benutzt. Bei Ausführung der Versuche wurde das Gitter gedreht, so daß die Beugungsspektren über den Streifen eines Bolometers wanderten. Als Beispiel sei hier die Energieverteilung im Gitter 8 angeführt, das besonders günstige Verhältnisse aufwies. Die Neigung der reflektierenden Flächen betrug nur  $8^\circ$ . Für Quarzreststrahlen war die Intensität des zentralen Bildes  $66\%$ , die des linken Spektrums 1. O.  $34\%$ ; für  $CO_2$ -Strahlen waren die entsprechenden Zahlen 22 und 70; das Spektrum 2. O. fehlte. Die Verteilung der Energie ist abhängig von der Form der Ritzen; bei einer Kante mit passender Neigung lassen sich bis zu  $70\%$  der Energie ausnutzen.

Schon 1908 hatte KNUT ÅNGSTRÖM gefunden, daß die Absorption eines Gases durch die Anwesenheit eines fremden Gases erheblich verändert wird. Er benutzte bei seinen Versuchen Kohlensäure, der Luft zugesetzt wurde. Eine Erweiterung der Ångströmschen Versuche geben einige Arbeiten von EVA v. BAHR über die Einwirkung des Druckes auf die Absorption ultraroter Strahlung durch Gase<sup>8)</sup>. Die Strahlen einer Nernstlampe oder eines Bunsenbrenners wurden nach ihrem Durchgang durch die Absorptionsröhren im Spektrometer mit Steinsalzprismen zerlegt und mit dem Bolometer gemessen. So wurde die Absorption der Gase und Gasgemische für Drucke von 1–5 Atm. bestimmt. Untersucht wurden Kohlensäure, Kohlenoxyd, Stickstoffoxydul, Schwefelkohlenstoff, Methan, Äthylen, Aze-tylen, Ammoniak, Wasserdampf. Bei allen zeigte sich eine sehr erhebliche Zunahme der Absorption, wenn durch Zuführung eines fremden Gases der Druck erhöht wurde. Bei Methyläther und Ätherdampf war eine Einwirkung des Druckes auf die Absorption nicht zu bemerken. Die ersteren Gase erreichten die Maximalabsorption bei ganz verschiedenen Drucken. Um diese Er-

<sup>6)</sup> Phys. Zeitschr. **11**, 1109 (1910).

<sup>7)</sup> Phys. Zeitschr. **11**, 1114, 1161 (1910).

<sup>8)</sup> Ann. d. Physik **29**, 780 (1909); **33**, 585 (1910).



scheinung aufzuklären, wurden auch noch Versuche mit Schwefeldioxyd, Chlorwasserstoff, Stickstoffperoxyd, Ozon, Benzol und Methylalkohol angestellt. Wurden die Gase dann nach dem Druck, dem die maximale Absorption entspricht, geordnet, so erhielt man nahezu dieselbe Reihenfolge wie bei der Ordnung nach der abnehmenden Größe der molekularen Durchmesser. Auf einige Ausnahmen sei hier nicht eingegangen. Die Verf. erklärt die Abhängigkeit der Absorption vom Druck dadurch, daß die Molekularstöße eine Dämpfung auf die in den Molekülen schwingenden Partikeln ausüben und dadurch die Schwingungsenergie zum Teil in Wärme umwandeln. Bei demselben Gesamtdruck wird ein größeres Molekül öfter mit andern Molekülen zusammenstoßen als ein kleineres. — Beim Stickstoffoxydul fand die Verf. auch eine bei Druckerhöhung eintretende qualitative Änderung der Absorption, die aber nur bei niedrigen Drucken bedeutend ist.

Die Veränderung der Brechungsexponenten mit der Temperatur im ultraroten Gebiete bei Steinsalz, Sylvin und Fluorit untersuchte E. LIEBREICH<sup>9)</sup>. Die Strahlen einer Nernstlampe passierten zwei hintereinander gestellte Spektrometer, von denen das eine das in einem Heizkasten befindliche Prisma der zu untersuchenden Substanz enthielt; auf dem Wege war mehrfache Reflexion der Strahlen an Hohlspiegeln erforderlich. Zuletzt wurden die Strahlen konvergierend auf die Lötstelle des Thermoelements eines Radiomikrometers geworfen. Befinden sich die Prismen beider Spektrometer auf Zimmertemperatur, und sind sie auf gleiche Wellenlänge  $\lambda_1$  eingestellt, so gelangt Energie auf das Thermolement. Befindet sich dagegen das erste Prisma auf einer Temperatur von 100°, das andere auf Zimmertemperatur, so wird, da der Brechungsexponent sich mit der Temperatur ändert, keine Energie mehr auf das Thermolement gelangen. Stellt man nun das zweite Spektrometer auf die neue Wellenlänge  $\lambda_2$  ein, so geht die Energie wieder durch beide hindurch. Die Differenz der zu  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  gehörenden Brechungsexponenten  $dN$  dividiert durch die Temperaturdifferenz  $dT$  gibt dann den Temperaturkoeffizienten des Brechungsindex gegen Luft. In dieser Weise bestimmte der Verf. die Temperaturkoeffizienten der Brechungsexponenten im Ultrarot an Flußspat

bis 6,5  $\mu$ , an Sylvin und Steinsalz bis 9  $\mu$  (21  $\mu$ ). Dieselben sind, wie im sichtbaren Gebiet, negativ, d. h. bei Erhöhung der Temperatur wird der Brechungsexponent kleiner. Die absoluten Beträge der Temperaturkoeffizienten nehmen, im Gegensatz zum sichtbaren Gebiet, mit zunehmender Wellenlänge langsam ab. Schk.

**Radioaktive Stoffe.** Von verschiedenen Forschern wurden die Zerfallsprodukte des Radiums wiederholt untersucht und deren Konstanten mit genaueren Methoden neu bestimmt. So untersuchte G. N. ANTONOFF<sup>1)</sup> das *Ra D*, dessen Umwandlungsperiode Rutherford zu 40, Meyer und Schweidler zu 12 Jahren bestimmt hatten. Die letzteren hatten ferner gefunden, daß das aus *Ra D* hervorgehende *Ra E* aus zwei Substanzen *Ra E<sub>1</sub>* und *Ra E<sub>2</sub>* bestehe. ANTONOFF erhielt aus 150 mg *Ra* auf einem Platinblech eine große Menge *Ra D* und studierte die Bildung von *Ra E* aus der Zunahme der  $\beta$ -Strahlung. Die dadurch erhaltene Kurve sprach dafür, daß *Ra E* einheitlich ist. Durch Glühen des Platinblechs konnte das neugebildete *Ra E* von *Ra D* getrennt werden; die  $\beta$ -Strahlung des reinen *Ra E* sank dann in 5 Tagen auf die Hälfte. Durch Zählung der von einer bestimmten Menge Radiumemanation ausgesandten  $\alpha$ -Teilchen wurde die von jener gebildete Menge *Ra F* (Polonium) festgestellt; daraus ergab sich für *Ra D* eine Halbwertskonstante von 16,5 Jahren.

Die Halbwertskonstante des Poloniums bestimmte I. W. WATERS zu 148 Tagen, während Frau Curie früher 140 Tage gefunden hatte<sup>2)</sup>.

Für das Uranium X hatten Rutherford und Soddy die Radioaktivitätskonstante  $\lambda$  (Gesamtumwandlung per Tag) ursprünglich zu 0,031 bestimmt, woraus sich eine Halbwertskonstante von 22 Tagen ergab. Mit einigen sehr aktiven Proben von *Ur X*, die aus 45 kg Uranyl nitrat abgesondert waren, bestimmten SODDY und RUSSELL diese Werte von neuem, indem sie den Abfall der  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlung 230 Tage lang beobachteten<sup>3)</sup>. Beide Strahlungen nahmen in demselben Maße ab. Der Wert der Konstante  $\lambda$  wurde zu 0,0282 bestimmt; daraus erhält man die mittlere Lebensdauer des *Ur X*  $1/\lambda = 35,5$  Tage, die Halbwertsperiode 24,6 Tage.

<sup>1)</sup> Phil. Mag. 19, 825 (1910).

<sup>2)</sup> Phil. Mag. 19, 905 (1910).

<sup>3)</sup> Phil. Mag. 19, 847 (1910).

<sup>9)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 13, 1 (1911).

Das Atomgewicht der Radiumemanation bestimmte A. DEBIERNE mittelst einer Abänderung der Bunsenschen Methode für die Messung der Dichte eines Gases aus seiner Ausströmungsgeschwindigkeit<sup>4)</sup>. Zwei Gefäße, ein kleines und ein großes, waren durch ein Platinblech von  $\frac{1}{100}$  mm Dicke, in dem sich eine kleine Öffnung befand, voneinander getrennt; das Gas strömte aus dem kleinen Gefäß durch die Öffnung in das große. Da die Emanation nie frei von fremden Gasen ist, so wurde durch besondere Versuche mit reinen Gasen und Gasmischungen festgestellt, daß bei niedrigem Druck und kleiner Ausströmungsgeschwindigkeit jedes Gas sich so verhält, als wenn es allein vorhanden wäre. Dann wurde die Emanation in das kleine Gefäß gebracht und bei bestimmtem geringen Druck seine durchdringende Strahlung gemessen. Wurde jetzt für eine bestimmte Zeit die Verbindung mit dem großen Gefäß hergestellt, in dem der Druck praktisch Null war, so strömte die Emanation dort hinein; und nun wurde wieder die durchdringende Strahlung in dem kleinen Gefäß bestimmt. Das durch die Strahlung gemessene Mengenverhältnis der Emanation in beiden Fällen ist dann mit der Ausströmungsgeschwindigkeit  $\mu$  durch ein einfaches Exponentialgesetz verbunden. Aus den nur wenig voneinander abweichenden Werten von  $\mu$  berechnete DEBIERNE das Atomgewicht der Emanation zu etwa 220, eine Zahl, die mit dem aus radioaktiven Daten berechneten Wert 222,5 gut übereinstimmt.

Weitere Versuche über die Erscheinungen des Rückstoßes, die RUSS und MAKOWER anstellten, ergaben, daß *Ra B*, wenn es sich aus *Ra A* durch Rückstoß bildet, positiv geladen ist, und die „Rückstoßatome“ durch ein elektrisches Feld abgelenkt werden können<sup>5)</sup>. Ebenso beobachteten MAKOWER und EVANS ihre Ablenkung durch ein magnetisches Feld<sup>6)</sup>. Aus der Größe beider Ablenkungen ergab sich in bekannter Weise die Geschwindigkeit dieser Teilchen  $v = 3,23 \cdot 10^7$  cm/sec und das Verhältnis  $e/m = 49,7$ . Die Reichweite der Rückstoßatome, d. h. die Luftstrecke, die sie vermöge ihrer eigenen Geschwindigkeit zu durchdringen vermögen, bestimmte L. WERTENSTEIN in der Weise, daß er einer *Ra A* enthaltenden Metallplatte eine zweite, positiv geladene gegenüberstellte, an welche

dann die *Ra B*-Teilchen durch Rückstoß geschleudert wurden<sup>7)</sup>. Durch Variation der Plattendistanz erhielt man die Reichweite, die bei gewöhnlichem Luftdruck 0,1 mm betrug, d. h. 400mal kleiner war als die Reichweite der  $\alpha$ -Strahlen von *Ra A*. Bei Veränderung des Druckes zeigte sich die Reichweite dem Druck umgekehrt proportional.

Während Radium bisher nur in seinen Verbindungen (als *Ra Cl<sub>2</sub>* und *Ra Br<sub>2</sub>*) bekannt war, gelang es Frau CURIE und A. DEBIERNE, reines metallisches Radium darzustellen<sup>8)</sup>. Die Methode ist dieselbe, die GUNTZ zur Darstellung des metallischen Baryums benutzt hat; sie besteht darin, zunächst das Amalgam herzustellen und dann das Quecksilber durch Destillation zu entfernen. Das Amalgam wurde aus einer Lösung vollkommen reinen Radiumchlorids durch Elektrolyse mit einer Quecksilberkathode und einer Platin-Iridiumanode gewonnen. In einem Schälchen, das aus in Wasserstoff reduziertem Eisen bestand, wurde das Amalgam in eine zu evakuierende Quarzröhre gebracht und hier in einer Atmosphäre von besonders sorgfältig gereinigtem Wasserstoff bis auf 700° erhitzt. Bei 700° war die Destillation beendet, das metallische Radium begann zu verdampfen, und die Wände des Quarzrohrs wurden stark angegriffen. Das reine Radium ist ein weißglänzendes Metall mit dem Schmelzpunkt 700°. An der Luft wurde es, wahrscheinlich durch Bildung einer Stickstoffverbindung, bald schwarz; Wasser zersetzte es energisch und löste sich darin größtenteils. Die radioaktiven Eigenschaften des Metalls waren dieselben wie die der Radiumsalze.

Auf anderm Wege stellte E. EBELER metallisches Radium dar, allerdings noch gemischt mit dem ihm chemisch so nahestehenden Baryum<sup>9)</sup>. 1 mg eines 9proz. Radiumbaryumbromids wurde in das stickstoffwasserstoffsäure Salz verwandelt; das letztere wurde dann in einer Glaskapillare bei 180–250° im Vakuum zersetzt, wobei sich die Metalle nach einigen Stunden als glänzende Spiegel abschieden. Durch Aktivitätsbestimmung wurde festgestellt, daß der größte Teil des Radiums mit dem Baryum zusammen in dem metallischen Niederschlag sich befand. Auch die Rückverwandlung

<sup>7)</sup> C. R. **150**, 869 (1910).

<sup>8)</sup> C. R. **151**, 523 (1910).

<sup>9)</sup> Ber. d. Deutschen Chem. Ges. **43**, 2613 (1910); Naturw. Rundsch. **26**, 86 (1911).

<sup>4)</sup> C. R. **150**, 1740 (1910).

<sup>5)</sup> Phil. Mag. **20**, 875 (1910).

<sup>6)</sup> Phil. Mag. **20**, 882 (1910).



in das Chlorid geschah ohne Einbuße an Aktivität.

Die bisher bekannten radioaktiven Elemente lassen sich in zwei Familien einreihen, an deren Spitze das Uran und das Thor steht. Völlig außerhalb dieser Reihe stehen die Alkalimetalle Kalium und Rubidium, deren Verbindungen aber unzweifelhaft auch eine Strahlung aussenden, die die Luft ionisiert und die photographische Platte schwärzt. Allerdings ist die Wirkung verhältnismäßig gering; nach Campbell und Wood ist ihre ionisierende Wirkung auf die Luft nur etwa gleich dem tausendsten Teile der von den  $\beta$ -Strahlen des Urans veranlaßten Wirkung. Es wäre nun von Bedeutung, mit Sicherheit festzustellen, ob diese geringe Aktivität eine wesentliche Eigenschaft der beiden Alkalimetalle ist, oder ob sie auf einer Beimengung anderer Radioelemente beruht. Obwohl die bisherigen Versuche eine Bestätigung der letzteren Annahme nicht ergaben, haben ELSTER und GEITEL noch einmal eine sehr eingehende Prüfung der Frage vorgenommen<sup>10</sup>). Zu ihren Versuchen dienten die Rohprodukte der Kalisalzlager, deren Aktivität durch den Sättigungsstrom in einer Ionisationskammer bestimmt wurde. Sowohl durch fraktionierte Elektrolyse als auch durch verschiedene Löslichkeit im Wasser wurde die Abtrennbarkeit einer besonderen Aktivität versucht — ohne Erfolg. Auf keine Weise konnte eine Anreicherung an aktiver Substanz erzielt werden. Das Innere eines Karnallitlagers wurde in bezug auf das etwaige Vorhandensein einer Kaliumemanation untersucht; es ließ sich eine solche nicht feststellen. Da es somit nicht möglich erscheint, die Kaliumaktivität aus fremden Quellen abzuleiten oder abzutrennen, so muß das Kalium als radioaktives Element angesehen werden. Das gleiche gilt für das chemisch nahe verwandte Rubidium, dessen Strahlung aber viel leichter absorbierbar ist als die des Kaliums. Dagegen zeigen Cäsium, Natrium und Lithium gar keine Aktivität. Da die Atomgewichte des Kaliums und Rubidiums im Vergleich zu Uran und Thor sehr niedrig sind, das inaktive Cäsium aber in dieser Gruppe das größte Atomgewicht hat, so ist die Vorstellung von der Instabilität eines Atoms infolge zu großer Masse bei den radioaktiven Alkalien nicht anwendbar.

Den Gehalt an Radiumemanation in den niederen Schichten der Atmo-

sphäre hat J. SATTERLY in Cambridge eingehend untersucht<sup>11</sup>). Die Luft wurde durch Quarzröhren geleitet, die mit pulverisierter Kokosnußkohle gefüllt waren; die von dieser absorbierte Emanation wurde dann durch Erhitzen ausgetrieben und in eine Ionisationskammer geleitet, wo ihre Menge durch die Entladungsgeschwindigkeit eines Elektrometers bestimmt wurde. Die Messungen wurden ein Jahr lang durchgeführt. Der mittlere Gehalt in 1 cbm Luft war einer Radiummenge von  $105 \cdot 10^{-12}$  g äquivalent; der niedrigste Wert war  $35 \cdot 10^{-12}$  g, der höchste  $350 \cdot 10^{-12}$ , das Verhältnis also 1:10. Gewöhnlich war der Gehalt an Emanation am kleinsten bei Zyklonen, d. h. bei windigem feuchten Wetter und niedrigem Barometerstand, am größten bei Antizyklonen, d. h. bei trockenem Wetter und hohem Barometerstand. War die Luft von der See her gekommen, so war die Emanationsmenge niedrig; sie war dagegen hoch, wenn die Luft lange Zeit über Land gelagert hatte. Die andern Ergebnisse, welche EVELY bei seinen Beobachtungen in Montreal gefunden hatte, sind wohl eine Folge der abweichenden geographischen Bedingungen. Die Anzahl der in 1 ccm Luft pro Sekunde gebildeten Ionen berechnet der Verf. zu 2,1 im Mittel, mit dem Minimum 0,7 und dem Maximum 7,0.

Von besonderem Interesse ist das Verhältnis der von Radium und Thor in der Atmosphäre herrührenden Emanationen. Wilson hatte gefunden, daß in den niederen Schichten der Atmosphäre 4000mal mehr Radium- als Thoremation vorhanden ist. Da aber die radioaktive Konstante der Thoremation 5000mal größer ist als die der Radiumemanation, so würden etwa dieselbe Menge Thor- und Radiumatome in der Sekunde zersetzt, mithin von beiden die gleiche Menge Ionen gebildet werden. Versuche über das Verhältnis der beiden Emanationsmengen in größerer Höhe stellte D. PACINI auf dem 1090 m hohen Observatorium von Sestola auf dem Apennin an<sup>12</sup>). Ein Kupferdraht wurde hier 4 Stunden lang aktiviert; sodann wurde 5 Stunden lang das Abklingen der Aktivität beobachtet. Aus den so erhaltenen Abklingungskurven konnte dann mit Hilfe der bekannten radioaktiven Konstanten für Radium und Thor auch das Verhältnis der Radium- zur Thoremation bestimmt werden. PACINI

<sup>10</sup>) Phys. Zeitschr. **11**, 275 (1910).

<sup>11</sup>) Phil. Mag. **20**, 1 (1910).

<sup>12</sup>) Phys. Zeitschr. **11**, 227 (1910).

erhielt den Wert 6700 im Mittel, also einen größeren als Wilson. Ein Einfluß der Winde und des Barometerstandes auf das Verhältnis war wohl zu bemerken. Die von den hohen Bergen wehenden Winde steigerten den Gehalt der Luft an Radiumzerfallprodukten, während die Winde aus den Tälern und Ebenen Thorprodukte mit sich führten. Die Zeit, in der die anfängliche Aktivität auf die Hälfte sank, lag bei 17 Beobachtungen zwischen 56 und 65 Min.

Die Radioaktivität der Gesteine hat A. GÖCKEL eingehend untersucht; er gibt darüber folgende Übersicht<sup>13)</sup>. Von den Eruptivgesteinen sind die Granite, Porphyre, Syenite, Pegmatite in der Regel stark aktiv, dagegen die Plagioklasgesteine, Diabase, Andesite, Gabbros, die kristallinen Schiefer fast inaktiv. Alle andern Eruptivgesteine sind von mittlerer Aktivität. Die Aktivität der ersten Gruppe schwankt aber innerhalb weiter Grenzen, da nur die akzessorischen Mineralien, deren Menge starken Schwankungen unterworfen ist, radioaktive Substanzen enthalten. Von Sedimentgesteinen sind ganz inaktiv die reinen Quarzsande. Die Aktivität der andern Gesteine schwankt, bleibt aber im Mittel nur  $\frac{1}{10}$  der durchschnittlichen Aktivität der ersten Gruppe. Stärker aktiv ist der Tiefseeschlamm; Steinsalz, Gips, Anhydrid und reine Kalke sind in der Regel fast inaktiv.

Über den Thoriumgehalt der sedimentären Gesteine hat J. JOLY mit Hilfe des Elektroskops Messungen ausgeführt<sup>14)</sup>. Danach enthalten die Kalksteine eine kaum nennenswerte Menge Thorium, die tonigen und sandigen Sedimentärsteine dagegen in fast allen Fällen erhebliche Beträge, die tonigen ungefähr doppelt so viel wie die sandigen (die ersteren etwa  $1,3 \cdot 10^{-5}$ , die letzteren  $0,6 \cdot 10^{-5}$  g per Gramm).

Neuere Untersuchungen von STRUTT über den Heliumgehalt der Mineralien ergaben, daß nicht mehr Thorianit das heliumreichste Mineral ist, sondern daß verschiedene kristallinische Gesteine der archaischen Periode durch eine noch größere Menge Helium ausgezeichnet sind<sup>15)</sup>. Aus dem Heliumgehalt dieser Mineralien im Verhältnis zu ihrem Gehalt an radioaktiven Produkten

erhielt der Verf. als höchste Zahl für das Alter der Erde 700 Millionen Jahre.

Über Nomenklatur und Radiumstandard wurden auf dem Brüsseler Kongreß für Radiologie im September 1910 wichtige Beschlüsse gefaßt<sup>16)</sup>. Die Zeit, in der die Aktivität einer einheitlichen Substanz um die Hälfte abnimmt, wird als Halbwertszeit bezeichnet. Der Ausdruck „induzierte Aktivität“ soll vermieden werden, da *Ra A, B, C* keine Eigenschaften, sondern ganz bestimmt definierte Substanzen sind. Die Messungen werden im allgemeinen auf Radium bezogen, wobei starke Radiummengen durch ihre  $\gamma$ -Strahlen, geringe durch ihre Emanation im Vergleich mit der Emanation einer bekannten Radiummenge, bestimmt werden. Für balneologische Zwecke dient, besonders in Deutschland und Österreich, die MACHE-Einheit =  $\frac{1}{1000}$  abs. elektrostat. Einh. =  $3 \cdot 10^{-13}$  Amp. Zur Herstellung eines Radiumstandards wurde eine Kommission gewählt; Frau Curie als Mitglied der Kommission erklärte sich bereit, einen solchen Standard herzustellen, der etwa 20 mg Radium enthält. Nach dem, in Paris niederzulegenden großen Standard sollen sich die verschiedenen staatlichen Laboratorien Vergleichsstandards herstellen. Als Einheit der Emanationsmenge soll die Menge Radiumemanation gelten, die sich mit 1 g Radium (als Element) im Gleichgewicht befindet; sie soll den Namen „CURIE“ erhalten. Die Beschlüsse der Kommission sollen später noch modifiziert und ausgebaut werden. *Schk.*

**Die Atmosphären der Planeten.** Von SVANTE ARRHENIUS<sup>1)</sup>. Die scharfsinnigen und kühnen Theorien über die Erdatmosphäre sind nur zum Teil aus des Verf. „Werden der Welten“ und „Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten“ bekannt. Die vorliegende kleine Abhandlung gibt eine kurze Zusammenfassung und den weiteren Ausbau jener interessanten Betrachtungen.

Arrhenius ist Anhänger der Laplaceschen Hypothese; es sind nach ihm alle Planeten als Abschürungsprodukte der Sonne anfangs gasförmig. In diesem Zustande sind die vier äußeren Planeten jetzt noch. Trotzdem kann der Druck nach innen zu so groß werden, daß das Gas dort sich wie ein fester Körper

<sup>13)</sup> Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik **7**, 487 (1911).

<sup>14)</sup> Phil. Mag. **20**, 125, 353 (1910).

<sup>15)</sup> Proc. of the Roy. Soc. **84**, 194 (1910); Naturw. Rundsch. **26**, 16 (1911).

<sup>16)</sup> O. Hahn, Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **13**, 154 (1911).

<sup>1)</sup> Ann. d. Nat.-Philos., 9. Bd., 1910. 12 S. Akadem. Verlagsgesellschaft, Leipzig. S.-Abdr., 1,20 M.



verhält und auffallende Merkmale sich viele Jahrzehnte dauernd erhalten können. Aber von einer Atmosphäre kann man hier nicht sprechen wegen des kontinuierlichen Schichtenübergangs, und die wirkliche Atmosphäre ist erst definiert bei einem sprungweisen Dichtenwechsel der Gashülle zum festen oder glühenden Kern.

Ritter hat in seinen klassischen Untersuchungen (1878—1882) gezeigt, daß der Mond die lebhaft bewegten Wasserstoffmolekeln nicht an seine kleine Masse zu fesseln vermag, Johnstone Stoney darauf hingewiesen, daß, je geringer die Schwerkraft eines Himmelskörpers ist, er um so weniger Gas in seiner Umgebung festhält. Daher müssen aus der Merkurhülle Helium und Wasserstoff längst verschwunden sein, und die schwereren Gase müssen kondensiert und zu gewaltigen Eismassen gefroren sein, da der Planet immer dieselbe Seite der Sonne zukehrt, und die dunkle Seite eine absolute Temperatur von etwa 50° besitzt. Gerade aus dem Umstande aber, daß die Venus eine sehr starke Atmosphäre zeigt, wird man umgekehrt schließen, daß sie eine rasche Achsendrehung (etwa in 24 Stunden) haben muß. Vermutlich ist die dünne Atmosphäre des Mars und die der Venus ähnlich zusammengesetzt wie die der Erde. Koene berechnete (1856), daß der Sauerstoff der Luft äquivalent sei der Menge der fossilen Kohle, und dies deutet darauf hin, daß beide aus Kohlensäure ausgeschieden wurden, und anfänglich kein Sauerstoff in der Luft war. Da ohne diesen auch Pflanzen nicht gedeihen konnten, so konnte der erste Sauerstoff auch nicht von Pflanzen produziert worden sein, sondern mußte durch Einwirkung des Lichts aus  $CO_2$  entstehen. Dann erst konnten Pflanzen gedeihen und die Sauerstoffproduktion übernehmen. Die erstarrenden Silikate der Erdrinde wurden entgast und gaben Wasserdampf und Kohlensäure ab. Dies geschieht auch heute noch. Dieselben Stoffe verschwinden dann wieder nach und nach aus der Luft durch Pflanzenwuchs und Verwitterung, Bildung von Karbonaten und Hydraten; durch die Verwitterung allein müßte die Kohlensäure der Luft in 1400 Jahren verbraucht sein; dieser Verlust wird allerdings durch die Verbrennung fossiler Kohle auf eine, geologisch genommen, recht kurze Zeit ungefähr zehnmal gedeckt. Mit der stärkeren Verpanzerung der Erde nehmen auch die vulkanischen Erscheinungen und der Auspuff von Kohlensäure ab. Die Temperatur sinkt, der Wasserdampf nimmt ab, die Austrocknung

des Weltmeeres zufolge der Verwitterung vollzieht sich allmählich, wenn auch erst in Millionen Jahren. Wie auf dem Mars bedecken dann große Wüsten die Erde. Die Spalten der Kruste sind zu flachen Vertiefungen versandet, in denen lange, seichte Salzseen liegen (Kanäle des Mars?). Die geringen Wassermengen bedecken als Reif und Schnee die Pole, von wo sie im langen Sommer wegschmelzen und als Wasserdampf über die trocknen Salzseen ziehen; hier werden sie vom hygroskopischen Salz aufgenommen, dieses wird feucht und erscheint dunkel im hellen Wüstensand. Der Sauerstoff wird bei der Verwitterung usw. verbraucht, der Stickstoff oxydiert durch elektrische Entladungen zu Nitraten. Die Atmosphäre wird immer dünner, die Temperatur immer tiefer, die letzten Gase verschwinden durch die Molekularbewegung. Der Himmelskörper ist tot und unveränderlich.

J. Klug-Nürnberg.

**Über quantitative chemische Analyse von Gemengen mit Verwendung der Differenzen im spezifischen Gewicht<sup>1)</sup>.** VON HANS FRIEDENTHAL. Mineralogen benutzen schon lange zum Trennen von feinpulverigen Gemengen schwere Flüssigkeiten, deren spezifisches Gewicht durch Zusätze von Wasser oder von leichten organischen Flüssigkeiten beliebig verändert werden kann. So hat man, um eine hübsche Anwendung des Prinzips zu erwähnen, aus einem schwach radioaktiven Granit die radiumhaltigen Teilchen anreichern können, indem man das Pulver in eine Mischung vom gleichen spezifischen Gewicht hineinschüttete: Da das Radium ein hohes Atomgewicht (226) besitzt, müssen seine Verbindungen ein hohes spezifisches Gewicht haben, jedenfalls ein wesentlich höheres als diejenigen Mineralteilchen, in denen nicht Radium andere zweiwertige Elemente mit kleinerem Atomgewicht ( $Ca$ ,  $Ba$ ,  $Fe^{II}$ ,  $Mg$  usw.) vertreten hat<sup>2)</sup>. Der Versuch gelang in der Tat.

Durch Zentrifugieren kann man die Entmischung von Emulsionen sehr befördern, falls die Komponenten ein verschiedenes spezifisches Gewicht haben. Zur Trennung von Niederschlag und Flüssigkeit, von Kristallmehl und Mutterlauge wird die Zentrifuge neuerdings viel verwendet, z. B. von Th. W. Richards und seinen Mitarbeitern

<sup>1)</sup> Ber. d. Chem. Ges. 43, 904—908; 1911.

<sup>2)</sup> Außerdem findet sich das Radium erfahrungsgemäß in spezifisch schwereren Einsprengungen, wie Zirkon, angereichert.

bei den neuesten überaus genauen Atomgewichtsbestimmungen.

Zur quantitativen Trennung aber sind beide Methoden noch nicht von Chemikern, die ja meist mit Lösungen zu tun haben, benutzt worden. Ihre Anwendung setzt voraus, daß man das Lösungsmittel vollständig und bei der Untersuchung organischer oder physiologischer Lösungen vorsichtig entfernt hat. Friedenthal verreibt den Rückstand in einer elektrisch angetriebenen Achatreibmaschine auf das feinste und benutzt als Trennungsfüssigkeiten Gemische von Bromoform ( $d = 2,8 \dots 2,9$ ) oder Methylenjodid ( $d = 3,34$ ) und Xylol. Da die schweren Flüssigkeiten einen recht hohen Ausdehnungskoeffizienten haben, kann man kleine Änderungen im spezifischen Gewicht am leichtesten durch kleine Änderungen der Temperatur erhalten. Zum Zentrifugieren werden die Emulsionen in starkwandige Schütteltrichter gefüllt, deren Hahn das gleiche Lumen hat wie das Rohr; die Hähne tragen keinen Griff, dieser würde bei dem sehr heftigen Zentrifugieren leicht abbrechen, sondern der mit zwei Löchern versehene Hahn wird mittels

eines Steckschlüssels gedreht. 10 000 Umdrehungen pro Minute sind das Mindeste, womit der Verf. arbeitet. Damit lassen sich Scheinlösungen leicht entmischen, manche Kolloide quantitativ abscheiden, z. B. Kasein aus Milch; auch die Sterilisation von Flüssigkeiten läßt sich durchführen.

Die Zentrifugen müssen mit sehr starken Sicherheitsmänteln versehen sein. Die Gläser werden mit Paraffin in Chromnickelstahlmäntel fest vergossen; um ein Schleudern der Welle zu verhindern, müssen die Gläser genau austariert sein.

In der „Immunochemie“, der „Fermentchemie“ und der Physiologie wird von raschlaufenden Zentrifugen schon ein weitgehender Gebrauch gemacht. Eine Benutzung von stärkeren Zentrifugen kann auf diesen Gebieten zu ganz neuen Resultaten führen. Als ein Beispiel für die Trennung nahverwandter anorganischer Körper durch die Kombination von „Schwebemethode“ und Zentrifuge nennt der Verf.  $NaCl$  ( $d = 2,17$ ) und  $KCl$  ( $d = 1,99$ ), die sich gewichtsanalytisch schwer quantitativ trennen lassen, wenn von dem einen Stoff nur wenig vorliegt. *W. Roth-Greifswald.*

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

**Van 't Hoff** †. In der Sitzung der Deutschen Chemischen Gesellschaft vom 13. März 1911 hielt der Präsident, Herr C. LIEBERMANN, zu Ehren des dahingeshiedenen großen Forschers eine längere Ansprache, aus der folgendes mitgeteilt werden möge. Mit van 't Hoff, dessen Tod am 1. März infolge eines Lungenleidens eintrat, ist einer der hervorragendsten Vertreter der modernen physikalischen und mathematischen Chemie aus dem Leben geschieden. Jakobus Hendricus van 't Hoff wurde am 30. August 1852 zu Rotterdam als Sohn eines Arztes geboren. Als Siebzehnjähriger bezog er das Polytechnikum in Delft, 1871 die Universität Leiden; 1872 kam er zum erstenmal nach Deutschland, wo er in Kekulé's Laboratorium in Bonn arbeitete. Nach weiterem Studium in Paris bei Würtz und in Utrecht bei Mulder erhielt er 1876 seine erste Dozentur für Physik an der Tierarzneischule zu Utrecht, 1878 eine Professur für Chemie, Mineralogie und Geologie an der Universität Amsterdam. 1896 zum Mitglied der Berliner Akademie der Wissenschaften ernannt, siedelte er nach Berlin als ordentlicher Honorarprofessor in der philosophischen Fakultät der Universität über.

Bereits im 22. Lebensjahre veröffentlichte

van 't Hoff eine holländische Broschüre, aus der kurz darauf seine berühmte Schrift „La chimie dans l'espace“ hervorging. Er stellte hier die Lehre von der räumlichen Lagerung der Atome und vom asymmetrischen Kohlenstoff auf und zog alsbald aus seiner Theorie die weitgehendsten Schlüsse, die heute allgemein anerkannt sind und das feste Fundament der jetzigen Stereochemie bilden. Offenbar entsprang der erste Gedanke der „Chemie im Raume“ dem begeisternden Einfluß der damals noch neuen, alles überstrahlenden Lehre Kekulé's. Den äußeren Anstoß zur Aufstellung seiner Theorie hat, wie van 't Hoff selbst erzählte, ein Vortrag von Johannes Wislicenus über die verschiedenen Milchsäuren gegeben, in welchem dieser erklärte, daß man die Verschiedenheit isomerer Moleküle von gleicher Strukturformel nur noch unter der Annahme einer verschiedenen räumlichen Lagerung der Atome verstehen könne. Die Anerkennung dieses Jugendwerkes vollzog sich keineswegs ganz widerspruchlos; z. B. griff Hermann Kolbe in seinem Journal unter der Spitzmarke „Zeichen der Zeit“ sowohl den Verfasser als auch den Übersetzer (den Privatdozenten F. Herrmann) und den Empfehler (Joh. Wis-



licenus) in einem geharnischten Artikel an, worin er die Arbeit als „ein Unkraut trivialer geistloser Naturphilosophie“ bezeichnete. Heute hat die Theorie von der tetraedrischen Affinitätsverteilung und dem asymmetrischen Kohlenstoff die schwierigsten Proben glänzend bestanden und diente z. B. auch bei den klassischen Arbeiten Emil Fischers in der Zuckergruppe als Leitstern. Sie hat uns einen ganz neuen und höchst folgenreichen Einblick in die Natur und das Wesen namentlich der organischen Verbindungen gebracht und ist besonders für die biologische Chemie von außerordentlicher Wichtigkeit geworden.

Im Zusammenhang mit dieser Arbeit, deren letzte (3.) Auflage 1908 erschien, verdankt man van 't Hoff die Kenntnis vieler Gesetzmäßigkeiten der optisch-aktiven Verbindungen, ebenso Arbeiten zur chemischen Dynamik, in denen er die Geschwindigkeiten vieler chemischen Reaktionen unter dem Gesichtspunkt des Massenwirkungsgesetzes bestimmte. Hierher gehören auch seine letztjährigen Arbeiten über synthetische Fermentwirkung.

Ein weiteres Blatt im Ruhmeskranze van 't Hoffs bilden die Theorien der verdünnten Lösungen. Fast ganz auf den von ihm geschaffenen Grundlagen bauen sich diese heute so hoch entwickelten und gleicherweise die physikalische Chemie wie die Biologie und Geologie interessierenden Theorien auf. Gesetzmäßigkeiten des osmotischen Druckes hatten bereits van 't Hoffs Landsmann de Vries, ferner M. Traube, Pringsheim und namentlich Pfeffer festgelegt. Auch wußte man hieraus bereits für den osmotischen Druck sowie durch das Gesetz von Raoult für die Schmelzpunktniedrigung und Siedepunkterhöhung der Lösungen, daß äquimolekulare Mengen gelöster Stoffe die gleiche Wirkung ausüben. Van 't Hoff entdeckte nun bei der rechnerischen Durcharbeitung der Versuche Pfeffers 1885 das weittragende allgemeine Gesetz, daß der osmotische Druck wie der Gasdruck dem Boyle-Gay Lussacschen Gesetz folgt, und daß die gelösten Moleküle sich der Avogadroschen Regel gemäß verhalten.

Durch Anwendung der Thermodynamik konnte van 't Hoff ferner sogar die empirisch gefundenen Konstanten für die Gefrierpunktniedrigung und die Siedepunkterhöhung aus der Schmelzwärme und der Verdampfungswärme des Lösungsmittels berechnen. — Van 't Hoffs theoretischen Forschungen und Entdeckungen schließen sich mehr empirische Arbeiten über die Bildungsbedingungen der

Doppelsalze an und namentlich seine jahrelang hauptsächlich in Gemeinschaft mit Meyerhoffer fortgeführten Arbeiten über die Existenzgebiete bestimmter gelöster Salze und Salzpaare, vor allem mit bezug auf die großen geologischen Probleme der ozeanischen Ablagerungen und die Bildung und Lagerung der Staßfurter Abraumsalze. Die hier von van 't Hoff gewonnenen Grundsätze lassen sich auch für andere Probleme von weittragender technischer Wichtigkeit verwerten, wie es z. B. durch die Arbeiten von Le Chatelier v. Juptner, Roberts-Austen und anderen für die Hütten- und namentlich die Eisenhüttenkunde geschehen ist. Wenn auch van 't Hoff dieses Kapitel weniger selbst bearbeitet hat, so hat er es doch in allgemeiner verständlichen Schriften und Vorträgen, z. B. dem Aufsatz „Zinn, Gips und Stahl“, dem Verständnis der beteiligten Kreise und der Laien näher zu bringen verstanden. Im Anschluß hieran seien, abgesehen von der großen Zahl von Abhandlungen und Akademieberichten, einige Monographien und Vorträge erwähnt: Dix années dans l'histoire d'une théorie; Études de dynamique chimique; Vorlesungen über Bildung und Spaltung von Doppelsalzen; über theoretische und physikalische Chemie; Theorie der Lösungen; die Phasenlehre. Sehr anziehend geschrieben sind die acht Vorlesungen, welche er in Chicago gehalten hat, und in denen er die Stellung der physikalischen Chemie zur Chemie, Industrie, Physiologie und Geologie behandelt.

Für die Schaffung von besonderen Lehrstühlen für die physikalische Chemie ist van 't Hoff oft mit Wort und Schrift eingetreten. Da er immer nur kleinere Laboratorien leitete, ist auch die Zahl seiner Schüler nicht besonders groß; unter ihnen seien hervorgehoben van Deventer, E. Cohen, G. Bredig, W. Meyerhoffer, H. Goldschmidt, W. Hinrichsen.

Ehren sind van 't Hoff reichlich zugeflossen. Die chemischen Gesellschaften der ganzen Welt erwählten ihn zu ihrem Ehrenmitgliede oder verliehen ihm ihre goldenen Medaillen; ein Nobelpreis ward ihm zuteil; die verschiedenen Fakultäten ernannten ihn zum Ehrendoktor; die Akademien öffneten ihm ihre Pforten; der Orden pour le mérite fiel ihm zu. Sein Vaterland ehrte ihn durch Gründung eines van 't Hoff-Laboratoriums an der neuen Reichsuniversität in Utrecht, von wo er einst ausgegangen war. Keine dieser Ehren schätzte er höher als die Berufung zum Mitgliede der Berliner Akademie der Wissenschaften.

#### 4. Unterricht und Methode.

Die Fortschritte der Schülerübungsfrage im Jahr 1910. Die kräftige Entwicklung der physikalischen Schülerübungen in Deutschland wurde zu Brüssel aller Welt eindrucksvoll vor die Augen gestellt. (Vgl. *Deutsche Unterrichtsausstellung auf der Weltausstellung in Brüssel 1910. I. Führer durch die Ausstellung. Berlin, Weidmann. 294 S. Diese Zeitschr. XXIII, 368, 370 u. 380; 1910. Unterrichtsbl. f. Mathem. u. Naturw. XVI, 102; 1910.*) Doch ist zu bedauern, daß über die Apparate, die z. B. Frankreich ausgestellt hatte, kein eingehender Bericht erschienen ist und somit diese Leistungen nicht für den physikalischen Unterricht in Deutschland fruchtbar gemacht worden sind.

In dem Erlaß des Preußischen Kultusministeriums vom 13. Juni 1910 heißt es: „Aus den auf den Runderlaß vom 25. März vergangenen Jahres den Königl. Provinzialschulkollegien erstatteten Berichten habe ich zu meiner Befriedigung gesehen, daß die naturwissenschaftlichen Schülerübungen in den letzten Jahren an den preußischen höhern Lehranstalten immer mehr Eingang gefunden und sich nach dem übereinstimmenden Urteil der Gutachter wohl bewährt haben. Neben den chemischen Laboratoriumsarbeiten, die, den Lehrplänen entsprechend, an den meisten neunstufigen Realanstalten bereits eingeführt worden sind, haben auch naturgeschichtliche und physikalische Schülerübungen an allen Arten höherer Lehranstalten zur Förderung eines auf Grund sorgfältiger eigener Beobachtungen gewonnenen Naturerkennens in erfreulicher Weise beigetragen.“ — „Bei dem hohen Werte, der dem praktischen Unterrichtsverfahren für die Anleitung zum Beobachten und selbständigen Denken sowie für die Erkenntnis der Eigenart, der Bedeutung und der begrenzten Anwendbarkeit der naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden beizumessen ist, sind mir weitere Versuche nach der bezeichneten Richtung hin erwünscht.“ — „Im Physikunterricht ist dort, wo die räumlichen Verhältnisse es irgendwie ermöglichen, darauf hinzuwirken, daß — unbeschadet der Gewinnung eines gedrängten Überblickes über das Gesamtgebiet der Physik — auf einzelnen Teilgebieten den Schülern die Methoden der physikalischen Forschungsweise anfangs in gemeinsam vorgenommenen Übungen, später in allmählich selbständiger sich gestaltenden Einzelversuchen näher gebracht werden.“

Das klassische Buch KARL NOACKS, *Aufgaben für physikalische Schülerübungen* (Berlin, J. Springer. 1911. XII u. 182 S. 2,20 M) ist jetzt in zweiter Auflage erschienen (Vgl. diese Zeitschr. XVIII, 246; 1905). Der Verf. hat sich nach reiflichen Erwägungen nicht entschließen können, die Eigenart seines Buchs zu ändern; es soll auch weiterhin in erster Linie den Übungen auf der Oberstufe dienen. Die Anzahl der Aufgaben ist vermehrt worden; es sind folgende 10 Übungen hinzugekommen:

1. Den Satz vom Drehmoment an einem geraden Hebel zu prüfen.
2. Wie hängt die Reibung eines Körpers, der auf wagerechter Unterlage bewegt wird, von seinem Gewicht ab?
3. Wie hängt die Spannkraft  $k$ , eines Stahlstabes von seiner Breite ab?
4. Kalorimetrische Bestimmung einer hohen Temperatur.
5. Den Brechungsexponent einer Flüssigkeit zu bestimmen, die sich in einem zylindrischen Glasgefäß befindet.
6. Wie hängt die Ablenkung der Kompaßnadel durch einen Magnetstab von dessen Lage in der Windrose und von seiner Stellung gegen den Kompaß ab?
7. Die Dielektrizitätskonstante von Hartgummi zu bestimmen.
8. Die Verdichtungszahl eines Kondensators mit einer 200 Volt-Batterie zu bestimmen.
9. Bestimmung eines Widerstandes mit dem Differentialgalvanometer.
10. Messung der Klemmenspannung eines Elements mit dem Meßdraht (Rheochord).

Trotz dieser starken Vermehrung ist der Preis des Buchs herabgesetzt worden, damit es mehr als seither in die Hände der Schüler gegeben wird. Hierdurch wird sicher Schülern und Lehrern die Arbeit wesentlich erleichtert und fruchtbarer gemacht.

Auch von der ausgezeichneten kleinen Schrift W. LEIKS, *Die praktischen Schülerarbeiten in der Physik* (Leipzig, Quelle & Meyer, 1910. 49 S.) ist jetzt eine zweite Auflage erschienen, die die Entwicklung der Schülerübungsfrage in Deutschland mit dem ruhigen und sichern Urteil des Kenners und Könners kritisch beleuchtet. Auch das treffliche Literaturverzeichnis ist durch die Aufnahme der neuen Erscheinungen ergänzt worden. Jedem, der sich schnell über die Hauptfragen der Schülerübungen unterrichten und dazu Stellung nehmen will, kann kein besseres Buch als diese knappe und klare Schrift empfohlen werden.

Über die Art, wie P. JOHANESSON seine Übungen gestaltet, hat er selbst in dieser Zeitschrift (XXIV, 65; 1911) eingehend und an-



regend berichtet. Es ist nur zu wünschen, daß diese Arbeit recht beachtet wird und die dort angegebenen Wege auch durch Versuche anderer Lehrer allseitig und gründlich auf ihre Gangbarkeit untersucht werden.

Als Ergänzung zu SUMPFS *Schulphysik* und *Grundriffs der Physik* hat FR. ELLEMANN, Seminarlehrer in Cöthen, *Physikalische Schülerversuche* (Hildesheim, A. Lax, 1910. IV u. 58 S. Pr. 0,90 M) herausgegeben. Eine solche Trennung von Lehrbuch und Übungsbuch halte ich durchaus für notwendig. Das Büchlein enthält Übungen, die die Schüler in der Schule ausführen, und Freihandversuche, die sie zu Haus machen sollen. Es wäre zweckmäßig, wenn der Hinweis, wie der Verf. diese beiden Arten von Versuchen in dem Buch kenntlich gemacht hat, nicht auf S. 57, sondern im Vorwort oder auf S. 1 stände und durch den Druck kräftig hervorgehoben würde. Die mitgeteilten Versuche und Übungen sind geschickt ausgewählt. Sie bieten vielerlei und nützliche Anregungen. Die Anweisungen sind jedoch etwas knapp gefaßt.

Den wertvollsten Beitrag, den in diesem Jahr ein preußischer Lehrer für die physikalischen Übungen, insofern die Versuche und Apparate in Frage kommen, geliefert hat, bilden WALTHER MASCHES *Physikalische Übungen, ein Leitfaden für die Hand des Schülers* (2 Teile. Berlin, Hayns Erben, 1910 und 1911. 48 S. und 60 S. Beilagen zu den Jahresberichten d. Kgl. Kaiser Wilhelms-Realgymnasiums Ostern 1910, Progr. Nr. 110 und Ostern 1911, Progr. Nr. 114). Die Übungen sind aus dem eigenen Unterricht des Verf., der über eine große Technik und eine reiche Erfahrung verfügt, hervorgegangen. Er hat nicht nur neue ausgezeichnete Übungen geschaffen, sondern auch bekannte Übungen wesentlich verbessert. Der erste Teil enthält folgende Aufgaben:

1. Messen und Wägen. 1. Bestimmung des Volumens einer Kugel. 2. Bestimmung des Gewichts eines Körpers mit der Wage. 3. Bestimmung des spezifischen Gewichts eines Körpers aus Gewicht und Volumen. 4. Das spezifische Gewicht eines festen Körpers mit Hilfe des Archimedischen Prinzips zu bestimmen. 5. Das spezifische Gewicht von Paraffin zu bestimmen. 6. Das spezifische Gewicht einer Kupfersulfatlösung mit dem Pyknometer zu bestimmen. 7. Das spezifische Gewicht einer Flüssigkeit mit dem Senkkörper zu bestimmen. 8. Das spezifische Gewicht einer körnigen Substanz (z. B. von Glaschrot) zu bestimmen. 9. Die Dicke eines Drahtes durch Wägung zu bestimmen. 10. Bestimmung des inneren Querschnitts einer Kapillare durch

Wägung eines Quecksilberfadens. 11. Wie ändert sich das spezifische Gewicht einer Salzlösung mit dem Salzgehalt? (Westphalische Wage). 12. Das spezifische Gewicht einer Kupfersulfatlösung aus Steighöhen zu bestimmen. 13. Julys Federwage. 14. Das Sphärometer. — II. Wärme. 1. Vergleichung zweier Thermometer zwischen 0° und 100°. 2. Bestimmung des Schmelzpunktes eines festen Körpers. 3. Bestimmung der Schmelz- und Erstarrungskurve von Fixiernatron. 4. Die Ausdehnungskoeffizienten von Stäben verschiedenen Stoffes zu bestimmen. 5. Wie ändert sich der Siedepunkt einer Salzlösung mit dem Salzgehalt? 6. Bestimmung des Siedepunktes einer Flüssigkeit. 7. Bestimmung der spezifischen Wärme von Glas. 8. Bestimmung der Schmelzwärme des Eises. 9. Bestimmung der Dampfwärme des Wassers.

Der zweite Teil bringt folgende Übungen:

III. Magnetismus. 1. (Vorübung) Bestimmung der Beschleunigung durch die Schwere mit dem Pendel. 2. Bestimmung der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus. 3. Die Inklination zu bestimmen. 4. Kraftlinienbilder. —

IV. Galvanismus. 1. Widerstandsbestimmung durch Vertauschung. 2. Widerstandsbestimmung mit der Wheatstoneschen Brücke. 3. Wie ändert sich der Widerstand durch Ausglühen und Wickeln? 4. Bestimmung des spezifischen Widerstandes. 5. Wie hängt der Widerstand eines Kupfer- und eines Manganindrahtes von der Temperatur ab? 6. Bestimmung des Leitvermögens eines Elektrolyten. 7. Wie ändert sich der Widerstand eines Elektrolyten mit der Temperatur? 8. Messung des Widerstandes von Glühlampen. 9. Bestimmung des Reduktionsfaktors einer Tangentenbussole mit dem Kupfervoltmeter. 10. Bestimmung des Reduktionsfaktors einer Tangentenbussole mit dem Knallgasvoltmeter. 11. Spannungsmessungen an galvanischen Elementen. 12. Bestimmung der elektromotorischen Kraft eines Thermoelements. 13. Wie hängt das magnetische Moment einer Spule von der Stromstärke ab. 14. Bestimmung des induzierten Magnetismus.

Der Verf. äußert seine methodischen Ansichten mit großer Schärfe, ohne sie jedoch überzeugend zu begründen: „Den Demonstrationsunterricht mit den Übungen zu verbinden, wird sich wohl nie durchführen lassen, da die einzelnen Gebiete der Physik sich nicht in gleicher Weise, einzelne gar nicht zu Übungen eignen, es auch vermessen wäre, anzunehmen, daß alle Gesetze, deren Erschließung oft ungeheure Geisteskräfte erforderte, sich von unseren Schülern nachentdecken ließen. Ein ganz falscher Weg! —

Dagegen ist die gleichzeitige Inangriffnahme der gleichen Arbeit durch alle Schüler ein wohl zu erreichendes Ziel, wenn es auch zu Bedenken Anlaß gibt, die einzelnen Teile des Gesetzes in getrennten Gruppen erarbeiten zu lassen, wird ja doch dadurch der leitende Gesichtspunkt geradezu wieder totgeschlagen. — Augenblicklich scheidet aber die Ausführung überhaupt an dem Geldmangel.“ Die Erfahrungen, die andere Lehrer in aller Herren Ländern mit den Verfahren, die hier so entschieden abgelehnt werden, gemacht haben, widersprechen durchaus diesen Behauptungen, die sich wohl kaum auf eigene übele Unterrichtserfahrungen gründen. Die Ansichten des Verf. über die Lehrverfahren stehen im Vorwort und mindern nicht im geringsten den Wert der beiden trefflichen Schriftchen. Dem Vernehmen nach wird der Verf. den Inhalt der beiden wissenschaftlichen Beilagen in erweiterter Form in einem Buch veröffentlichen und so allgemein und bequem zugänglich machen.

Aus dem dritten Jahresbericht der Königlichen Luitpold Kreis-Oberrealschule zu München ist zu entnehmen, daß die Einrichtungen für die physikalischen Schülerübungen vorläufig zum Abschluß gebracht sind. Es sind sämtliche Apparate vorhanden, die im Verzeichnis der Anleitung für den Physikunterricht nach dem Lehrplan der Real- und Oberrealschulen stehen, und alle im Lehrplan empfohlenen Übungen können ohne Ausnahme durchgeführt werden. Diese rasche Einrichtung der Übungen ist eine glänzende und vorbildliche Leistung der bayerischen Regierung, des Rektors Oberstudienrats KRALLINGER und des Verwalters des physikalischen Schülerlaboratoriums A. LUCK. Es sind 10 Übungsplätze vorhanden. Jede Klasse ist während der Übungsstunden in zwei Gruppen geteilt. In der Regel arbeiten je zwei Schüler an einem Arbeitstisch zusammen. Die Klassen IV bis VII stellten Übungen in gleicher Front an; die Schüler der VIII. und IX. führten neben den Frontübungen im engen Anschluß an den Unterricht auch Einzelübungen durch, damit sie allmählich zu etwas größerer Selbständigkeit erzogen würden. „Das letzte Ziel der Übungen auf der Oberstufe, den Schülern die Verfahren der physikalischen Forschung an einigen gründlich durchgeführten Beispielen zum Verständnis zu bringen, kann erst dann angestrebt werden, wenn die Übungen der Unterstufe an sämtlichen Realschulen völlig ausgebaut sind, so daß in die

VII. Klassen der Oberrealschulen nur gleichmäßig vorgebildete Schüler eintreten.“ Doch ist zu befürchten, daß auch dann jene Einzelübungen kaum den erwarteten Erfolg haben werden.

JOHANN KLEIBER hat in der 2. Auflage seiner *Experimentalphysik für die Unterstufe zum Gebrauch an bayerischen Realschulen* (München, R. Oldenbourg, 1910. VIII u. 224 S. 2,50 M), die schon in der ersten Auflage Schülerübungen in den Text aufgenommen hatte, noch eine Zusammenstellung von Aufgaben für Schülerübungen hinzugefügt.

Eine sehr wertvolle, aus der Unterrichtserfahrung hervorgegangene Schrift ist die *Beilage zum dritten Jahresbericht der Kgl. Kreis-Oberrealschule zu Augsburg: Verbindliche physikalische Schülerübungen für die Mittelstufe* von GEORG WETZSTEIN. Die Abhandlung schildert zutreffend die historische Entwicklung der Schülerübungen, bespricht die allgemeinen Einrichtungen und macht im Anschluß an den bayerischen Lehrplan Vorschläge für die Behandlung der Übungen, für ihre Verwertung im Unterricht und für den Aufbau des Demonstrationsunterrichts auf die gewonnenen Ergebnisse. Stets wird der Kostenpunkt berücksichtigt und gezeigt, daß man auch bei beschränkten Mitteln Schülerübungen im Sinn der bayerischen Lehrpläne einrichten und abhalten kann. — An der Augsburger Oberrealschule sind die Klassen IV bis VI nur für die Übungen in zwei Abteilungen getrennt. Eine Teilung dieser Klassen bei dem ganzen physikalischen Unterricht würde eine größere Freiheit in den Lehrverfahren und eine Verwebung der Unterweisungen und der Übungen erlauben. Hervorzuheben ist, daß für die Mittelstufe und die Oberstufe besondere Übungsräume vorhanden sind. Es hat sich in Augsburg durchaus bewährt, den physikalischen Unterricht mit der Wärmelehre zu beginnen. Überall knüpft WETZSTEIN an die ältern Versuche kritische Bemerkungen an, die eine sorgfältige Beachtung verdienen. Viele selbständige Gedankengänge, neue Vorrichtungen und Versuche machen die Schrift für jeden Leiter von Übungen wertvoll. WETZSTEIN ist der Ansicht, daß es beim ebenen Spiegel nicht gerade notwendig sei, den Ort des Scheinbildes zu bestimmen. Hierin muß ich ihm widersprechen. Der Versuch ist zwar ein wenig schwierig, und man muß etwas Zeit und Geduld darauf verwenden, doch ist das Abweichungsverfahren bei vielen wichtigen optischen Einstellungen kaum zu entbehren. Auch ist es für den Schüler an-



regend und lehrreich, zu sehen, wie man die Aufgabe, den Ort von etwas, was gar nicht da ist, zu bestimmen — also eine Aufgabe, deren Lösung dem naiven Verstand zunächst unmöglich erscheint —, einfach durch Kopfschütteln spielend lösen kann. Sehr zu beachten ist auch folgende Stelle (S. 71) der Abhandlung: „So sehr eine gelegentliche Beschäftigung der Schüler mit der Herstellung einzelner Apparate oder Apparateile erwünscht und wertvoll ist, Hauptaufgabe der Übungen auf der Unterstufe ist und bleibt das Auffinden von Gesetzmäßigkeiten und die Anwendung der gewonnenen Kenntnisse und Erfahrungen zur Bestimmung von wichtigen und häufig vorkommenden Konstanten.“

Im vergangenen Sommer hat BRUNO KOLBE eine Studienreise durch Deutschland gemacht und seine Beobachtungen unter besonderer Berücksichtigung der Hamburger und der bayerischen Schulen in dem Aufsatz: *Die neue Richtung des Physikunterrichts in Deutschland (Pädagogischer Anzeiger für Rußland 1911, Heft 3)*, veröffentlicht, der nicht nur für seine russischen, sondern auch für seine deutschen Fachgenossen anregend und lehrreich ist. Eine Einrichtung in Preußen hat er jedoch mißverstanden. Er glaubt, der Primärlehrer (es ist wohl der Verwalter des physikalischen Kabinetts oder der älteste Physiklehrer gemeint), habe die Tätigkeit seiner Fachkollegen zu kontrollieren und darüber zu berichten. Der Irrtum beruht wohl auf einer unrichtigen Auffassung des Verhältnisses, das zwischen einem Lehrer und dem Seminar-kandidaten besteht, der ihm zur Ausbildung zugewiesen ist.

Einen ausgezeichneten Bericht über die *Physikalischen Schülerübungen an den österreichischen Mittelschulen* hat JOSEF DINKHAUSER (*Zeitschrift für das Realschulwesen XXXV, 459; 1910*) veröffentlicht. Die Einführung der Übungen ist in Großstaaten mit vielen Schulen wie Österreich und Preußen wegen der erforderlichen großen Mittel ganz besonders schwierig. Das k. k. Ministerium für Kultus und Unterricht gewährt jährlich mehreren Anstalten eine außerordentliche Dotation von 200 bis 300 K., doch ist kein bestimmter Betrag dafür in den Etat eingestellt. Wegen dieser geringen Unterstützung sind daher die meisten Anstalten gezwungen, für die Teilnahme an den Übungen eine Laboratoriumstaxe von 2 bis 6 K. für das Halbjahr zu erheben. Die trefflichen Ausführungen und Vorschläge des Verf., der kraftvoll für die Einführung verbindlicher

Übungen eintritt, verdienen auch bei uns im Deutschen Reich sorgfältige Beachtung.

*Einrichtung und Betrieb der physikalischen Schülerübungen (1909/10) am n.-ö. Landes-Real- und Obergymnasium zu Mödling* behandelt MAX PRODINGER. Er begann die Übungen ohne besondere Mittel; später bewilligte ihm der Landesauschuß 300 K. PRODINGER ist mit dem Verlauf der Übungen durchaus zufrieden. Seine Schüler erzielten mit den oft recht primitiven Mitteln wider Erwarten gute Ergebnisse. Sie gingen mit wirklichem Eifer und voller Hingabe ans Werk und hielten bei manchen schwierigen Fällen mit staunenswerter Geduld und Beharrlichkeit aus. Das Verhalten der Schüler war in jeder Hinsicht musterhaft; sie handhabten die Apparate vorsichtig, schonend und geschickt. Kein Apparat wurde beschädigt, und nur äußerst wenig Glasgefäße wurden zerbrochen. Von 25 Schülern der Oktava nahmen 23 an den Übungen teil. Sie waren in zwei Gruppen geteilt, deren jede alle 14 Tage zwei aufeinander folgende Stunden nachmittags arbeitete. Für Leiter von Übungen, namentlich solche, die es wagen, mit unzureichenden Mitteln die Übungen zu beginnen, haben die angegebenen Versuche großes Interesse, ebenso die mitgeteilten Ergebnisse, deren Güte durchaus mit der übereinstimmt, die an den Schulen des Deutschen Reichs erzielt wird.

IWO RITTER VON PACZOWSKI, Prof. an der I. Oberrealschule zu Krakau, der auch deutsche Schulen besucht hat, veröffentlichte über seine Eindrücke und Beobachtungen in polnischer Sprache einen Bericht unter dem Titel: *Physikalische Schülerübungen bei uns und im Auslande.*

Es sind noch einige Leitfäden für Schülerübungen an Volksschulen und Seminaren von deutschen Verfassern zu erwähnen: O. FREY, Seminaroberlehrer zu Leipzig, *Physikalische Schülerübungen. Lehrgang für die Oberstufe, angeschlossen an einen einheitlichen Apparatensatz. Leipzig, E. Wunderlich, 1910. VI u. 144 S. 2 M., geb. 2,50 M.* Wer des Verf. Buch über den physikalischen Arbeitsunterricht kennt, wird die neue Schrift mit großen Erwartungen in die Hand nehmen und nicht enttäuscht werden. Der Verf. hat gute Einfälle, reiche Erfahrung und großes Geschick, und so gelingt es ihm, Treffliches zu schaffen. Die in dem Buch angegebenen Apparate, besonders der Apparatensatz, auch die Vorschläge für die Selbsterstellung einzelner Gegenstände unter vielfacher Anwendung von Wellpappe bilden eine wertvolle Bereicherung der Unterrichts-

mittel auch an höhern Schulen. Auf die Fülle der Einzelheiten kann leider hier nicht eingegangen werden, und es ist auch überflüssig, da jeder, der sich mit Schülerübungen befaßt, das Buch gründlich durcharbeiten wird. Nur möchte ich die Gelegenheit benutzen, um festzustellen, daß FREY zuerst die Fallrinne, die ich in meinem Handbuch für physikalische Schülerübungen nach DUFF benannt habe, in dieser Zeitschrift (XIX, 224; 1901) beschrieben hat.

In seinem Buch *Schülerübungen zur Einführung in die Physik, ein praktisches Hilfsbuch für den Lehrer* (Leipzig, Teubner, 1910. VIII u. 106 S. 2,20 M, geb. 2,60 M) macht HEINRICH ALT den Versuch, die für den Elementarunterricht nötigen Übungen in einer methodisch geschlossenen Form darzustellen, denen man dann die erforderlichen Ergänzungen im „theoretischen“ Unterricht einfügen kann. Er irrt jedoch, wenn er glaubt, daß bis jetzt nur „programmatische Vorschläge“ dafür vorlägen. Schon seit Jahren hat man an mehreren Schulen Deutschlands die Übungen, die ja ein Lehrverfahren sind, mit dem Vorführungsunterricht verwebt und ist damit methodisch über das Verfahren des Verf., der Übungen und „theoretischen“ Unterricht trennt, hinweg und zu einem wirklichen Arbeitsunterricht, wie man jetzt zu sagen pflegt, fortgeschritten. Die Angaben des Verf. beruhen auf einer reichen Erfahrung in der Schule selbst und in den Ausbildungskursen, die er für die Münchener Lehrerschaft gehalten hat. Es ist mit Freuden zu begrüßen, daß er seine Erfahrungen so ausführlich mitgeteilt hat. In der Darstellung der Übungen und in den Angaben über die benutzten Vorrichtungen und die damit anzustellenden Versuche findet jeder Lehrer, auch der an höhern Schulen, wertvolle Belehrungen und Anregungen. Es ist ein großes Verdienst des Münchener Stadtschulrats KERSCHENSTEINER, daß er dem Verf. für seine Übungen in der Schule und in den Kursen alle nötigen Mittel in reichem Maße gewährt hat. — Im einzelnen ist folgendes zu bemerken: Nur wenn es nicht anders geht, soll man das Gas von der Decke zuführen. — Eine Anordnung der Plätze, wobei alle Schüler nach der Tafel sehen, als „gleiche Front“ zu bezeichnen, ist unzulässig, weil irreführend; denn mit diesem Schlagwort bezeichnet man das Verfahren, wobei alle Schüler gleichzeitig den gleichen Versuch ausführen. — Der Verf. bezeichnet (S. 41) das Diagramm, die praktische Darstellung, als „Schaubild“, wie er überhaupt über eine be-

deutende sprachliche Kraft verfügt, so bezeichnet er S. 96 eine Drahtspirale als Drahtlocke. — Wenn man beim Reinigen des Quecksilbers in einem Trichter mit abgeschrägtem Hals das Quecksilber von Wasser, Staub usw. scheiden will, muß man zuerst etwas reines Quecksilber in den Hals gießen. — Bei den Versuchen mit verbundenen Gefäßen ist die Rohrweite, wenn sie zu klein ist, von Einfluß auf die Höhe der Flüssigkeitssäule. — Den vom Verf. empfohlenen Wassersack (S. 59) habe auch ich vor vielen Jahren benutzt. Er hat sich aber nicht bewährt. — Verwendet man beim Laden der Sammler Lampen- oder Eisendrahtwiderstände, so sind dabei im allgemeinen Volt- und Amperemeter überflüssig.

Damit neben dem vielen Licht auch der Schatten nicht fehle, sei noch das Buch von JACOB BAUKNER, *Physikalische Messungen und Wägungen in Schülerübungen* (Diesen vor München, J. C. Huber, 1910. 192 S. 3 M), erwähnt. Der Titel führt irre, da das Buch sehr viele qualitative Demonstrationen enthält. Die gegebenen Erläuterungen fordern zuweilen berechtigten Widerspruch heraus. Einige der recht rohen Abbildungen können zu Anordnungen und Ausführungen von Versuchen verleiten, die sicher zu einem Mißerfolg führen. In der Hand eines nicht sehr erfahrenen Fachmanns kann das Buch gefährlich wirken.

Der Bericht, den CHASSAGNY, Inspecteur d'Académie, dem Conseil académique de Paris am 24. Juni 1909 über den Unterricht in den Naturwissenschaften abgestattet hat, ist in der *Revue de l'Enseignement des Sciences* (IV, 152, 1910) abgedruckt. Es seien daraus einige Stellen, die auch für uns wichtig sind, wiedergegeben, und zwar, um die feinere Tönung des Ausdrucks nicht zu verwischen, in der Ursprache:

„La tradition s'établit peu à peu de considérer ces travaux pratiques comme la partie la plus vivante de l'enseignement et, pour les élèves, la plus intéressante.“ — „On vous a dit, et vous ne m'en voudrez pas de le répéter: 'La meilleure part de ce succès [Erfolg der Umgestaltung der Lehrpläne von 1902] est due au dévouement du personnel enseignant.' L'organisation dont nous avons, dès maintenant, le droit d'être fiers, est son œuvre. Certes, l'Administration ne lui a pas ménagé les encouragements, mais elle ne lui avait donné, en 1902, que des directions générales, en évitant, très sagement, à mon avis, de paralyser les initiatives individuelles par des indications trop précises. Dans leur ardent



et loyal désir de répondre à ce que l'on attendait d'eux, les professeurs durant s'ingénier créer de toutes pièces un matériel nouveau, à établir avec des ressources très limitées des séries de manipulations qui, dès l'abord, captivèrent leurs élèves. Les excellents résultats presque aussitôt obtenus éveillèrent des énergies latentes, des bonnes volontés qui s'ignoraient; une véritable émulation même saisit les maîtres qui donnaient l'enseignement, et, trois ans après la réforme, les travaux pratiques fonctionnaient d'une façon presque satisfaisante dans un grand nombre d'établissements. — Depuis lors, nous avons vu les professeurs de Sciences physiques et naturelles s'unir, fonder des publications professionnelles, organiser un service de renseignements mutuels et établir entre eux une collaboration incessante qui mérite d'être largement encouragée, non seulement parce qu'elle contribue puissamment à élever le niveau des études, mais aussi parce que, en harmonisant les efforts de tous, elle tend à donner à l'enseignement national plus de solidité, plus de cohésion, plus d'unité. — D'une façon générale, on peut affirmer que l'enseignement des Sciences physiques et naturelles est actuellement en bonnes mains, en bonne voie, et qu'on peut tout en attendre.“

Die Lehrer an den französischen Collèges singen freilich ein andres Lied. Eine Rundfrage über den physikalischen und mathematischen Unterricht in den oberen Klassen, die von rund 150 Collèges beantwortet worden ist, hat recht lehrreiche Ergebnisse geliefert, die in der *Revue de l'Enseignement des Sciences* (V, 39: 1911) veröffentlicht worden sind. Die Verordnung von 1902, die auf der Oberstufe Schülerübungen eingeführt hat, scheint sich kaum mit den wirtschaftlichen Verhältnissen der meisten städtischen Collèges beschäftigen zu haben. Die Lehrer dieser Schulen bekunden einstimmig, daß die Ausstattung der Laboratorien unzulänglich und veraltet ist und daß die ausgeworfenen Geldmittel, wo solche bewilligt worden sind, für die notwendigen Ausgaben nicht ausreichen. — Die Umfrage ergibt, daß von rund 150 Collèges 70 einen Etat von 100 bis 300 Francs haben. Die übrigen Etats sind kleiner als 100 Francs, und einige Collèges haben gar keinen Etat. Zwei oder drei bevorzugte Collèges haben einen beträchtlichen Etat, der sich bei einem auf 1000 Francs beläuft. Im Mittel verfügt ein vollständiges Collège über einen Etat von 150 Francs, eine Summe, die nach der Ansicht aller ganz unzureichend ist. — Außer-

dem beschneiden geschickte Schiebungen noch dieses magere Budget, das oft im Gesamtetat unter einem Titel steht, der absichtlich unbestimmt gefaßt ist. Es wimmelt von Beispielen dafür. Hier eins: den Etat von 100 Francs hat man zur Anschaffung von Tischlersachen verwandt. Anderswo bezahlt man daraus Modellierten, geographische Karten, Bücher, Patronen zum Schießen. Fügt man noch die Aufschläge der ortsansässigen Zwischenhändler hinzu, die häufig durch die Politik aufgezwungen werden, so kann man ermessen, wieviel übrig bleibt. Trotz dieser geringen Geldmittel haben die Lehrer der Collèges, die von der Vortrefflichkeit der Übungen überzeugt sind, versucht, solche Übungen einzurichten. Nur acht Lehrer haben erklärt, daß sie keine anstellen lassen, und sechs Antworten lauten glatt ablehnend für diesen „genre de sport“, wie sich einer von ihnen ausdrückt. Es ist klar, daß diese Einrichtung beim Fehlen eines Arbeitsraums und eines Dieners oft mißlich ist. Von 150 Collèges besitzen 16 einen besonders mehr oder minder gut eingerichteten Arbeitsraum, 9 stellen dem Lehrer während einer bis zwei Stunden in der Woche einen Diener zur Verfügung. Nur bei zwei oder drei großen Collèges gibt es einen Diener, der regelmäßig hilft. Anderswo ist gar nichts vorhanden, weder Wasser, noch Gas, noch Diener. — Fast überall räumt der Lehrer alles auf und reinigt alles. Seine Dienstobliegenheiten werden ohne Vergütung oder irgendwelche andere Vorteile nahezu verdoppelt. Seine Arbeitslast ist erdrückend, besonders wenn er mit der Verwaltung des Laboratoriums betraut ist. Um diese Übelstände zu beseitigen, hat man zahlreiche Wünsche geäußert, wovon die folgenden erfüllbar wären: 1. Der Etat für die Übungen darf nicht kleiner als 300 Francs sein. 2. Die höchste Stundenzahl des Lehrers, der mit der Verwaltung des Laboratoriums betraut ist, wird um eine Stunde vermindert. 3. Eine Stunde Übungen wird als anderthalb Stunden angerechnet, wenn die Anzahl der Schüler mehr als 10 ist. 4. Dem Lehrer wird ein Diener für eine Anzahl Stunden zur Verfügung gestellt, die gleich der Anzahl der Klassenstunden ist. — Es sei bemerkt, daß die Wünsche 2 und 3 an den Lycées für Knaben erfüllt sind und daß der Wunsch 4 an den Lycées für Mädchen erfüllt werden wird.

In dem *Bulletin de l'Union des Physiciens* (V, 177: 1911) veröffentlichte LOUIS ZIVY einen

Aufsatz über die Einrichtung der Schülerübungen. Er unterscheidet zwei Hauptarbeitsweisen: das Arbeiten in gleicher Front (*manipulation identique*) und den zerstreuten Angriff (*manipulation par roulement*). Der Verf. und sein Amtsgenosse BETHENCOURT sind am Lycée de Douai seit einiger Zeit vom zerstreuten Angriff zum Arbeiten in gleicher Front übergegangen. Es ist lehrreich, zu beobachten, wie man an einzelnen Schulen und in allen Ländern bei den Übungen fast genau dieselbe Entwicklung durchläuft, und man darf wohl daraus den Schluß ziehen, daß diese geradezu internationale Entwicklung eine Folge der wachsenden Erfahrung und der reichern Ausrüstung und daß das Arbeiten in gleicher Front das bessere Lehrverfahren ist. — Zivy hebt als Übelstände des zerstreuten Angriffs hervor: Das Verfahren sei für Schüler und Lehrer unvorteilhaft, und die Unterrichtserfolge seien schlecht. Die Aufmerksamkeit der Klasse sei verzettelt, und die Schüler wüßten nicht immer ganz genau, was sie tun, noch was sie tun sollten. Es sei schwierig, die Güte der geleisteten Arbeit zu beurteilen. Der Lehrer habe keine Zeit, sich ausreichend jeder einzelnen Gruppe und jedem einzelnen Versuch zu widmen. Es sei für ihn außerordentlich ermüdend, beim Weitergehen von einer Gruppe zur andern immer wieder plötzlich auch den Lehrstoff zu wechseln. Das Verfahren des zerstreuten Angriffs liefere nur mittelmäßige Versuchsergebnisse; sie hätten nicht die Genauigkeit, die man mit den benutzten Vorrichtungen erreichen könne. — Gegen das Arbeiten in gleicher Front ließe sich der Einwand erheben: Es sei schwierig, eine ausreichende Anzahl Übungen zu finden, die einfach, für die Schüler anregend und billig seien. — Das Arbeiten in gleicher Front habe vor dem Verfahren des zerstreuten Angriffs zahlreiche Vorzüge. Man sei zu einfachen Vorrichtungen gezwungen; diese aber seien für den Schüler ausgezeichnet, da er dabei schnell den Grundgedanken des Versuchs erfasse. Auch könne man im Klassenunterricht die Übungen vorbereiten. Jeder Schüler wisse dann, was er zu tun habe. Die Leitung der gemeinsamen Versuche sei für den Lehrer leichter, erfolgreicher und viel weniger ermüdend. — Das Streben nach Einfachheit und Billigkeit führe zum Bau von Apparaten, die nicht immer sehr genaue Messungen gestatteten, doch könne man selbst mit groben Vorrichtungen eine ausreichende Genauigkeit erzielen. Auf jeden Fall sei der Mittelwert

aus den Ergebnissen beim Arbeiten in gleicher Front selbst mit unvollkommenen Apparaten viel genauer als das Ergebnis eines Versuchs bei zerstreutem Angriff mit einem bessern Apparat. Der Lehrer müsse jedoch, wenn er gute Ergebnisse erzielen wolle, eine sehr ermüdende Rührigkeit und Achtsamkeit entwickeln. Die Bildung des Mittelwerts mache den Schülern den Begriff des Beobachtungsfehlers klar. Sie sähen ein, daß das Erreichen eines ausgezeichneten Ergebnisses zum Teil Glückssache sei, daß aber Ungeschicklichkeit und Unachtsamkeit sicher ein schlechtes Ergebnis herbeiführen. Sie lernten bald eine schlechte Versuchsreihe von einer guten unterscheiden. Die von Zivy mitgeteilten Ergebnisse, die seine Schüler beim Arbeiten in gleicher Front erhalten haben, stimmen in ihrer Genauigkeit durchaus mit den Ergebnissen überein, die man auch sonst überall, in Amerika, England, Hamburg, Österreich und Preußen, bei den gleichen Aufgaben erreicht hat. Man sieht auch hier, daß sich jetzt auf der ganzen Welt die physikalischen Schülerübungen auf die gleiche Höhe einstellen.

In dem Programm des Schwedischen Normalgymnasiums zu Helsingfors von 1909/10 veröffentlicht K. F. LINDMAN einen Aufsatz über *Fysikaliska Laborationsövningar*. Die Schülerübungen, worüber hier berichtet wird, sind die ersten, die in Finnland ausgeführt worden sind. Sie wurden veranlaßt durch den Bericht, den LINDMAN dem Oberschulkollegium über zwei pädagogische Studienreisen, die eine nach England und die andere nach Deutschland (Hamburg), eingereicht hat. Das Schwedische Normalgymnasium ist ein staatliches Doppelgymnasium, das zwei vollständig getrennte Schulen, eine mit Latein und eine ohne Latein, umfaßt. Beide Schulen bestehen aus je acht Klassen (die VIII. Klasse ist die höchste). Die physikalischen Schülerübungen sind in der V. Klasse der lateinlosen Schule, wo der Unterricht in der Naturlehre beginnt, als für alle Schüler verbindlich eingeführt worden. Wegen der großen Schülerzahl ist die Klasse bei den Übungen in zwei Abteilungen zerlegt, von denen die eine am Montag und die andere am Dienstag zwei Stunden Übungen hat. Diese werden stets in gleicher Front ausgeführt. An einem spätern Tage der Woche hat die ganze Klasse im Anschluß an die Übungen eine gemeinsame Physikstunde. Es finden jedoch nicht jede Woche Übungen statt. Fallen die Übungen weg, so hat die ganze Klasse drei gemeinsame Physikstunden in der Woche. In der



VI. Klasse wird im ersten Halbjahr Chemie unterrichtet, worauf der physikalische Oberkursus mit der Elektrizitätslehre beginnt und in den beiden obersten Klassen (VII und VIII) mit zwei Wochenstunden fortgesetzt wird. Auch in den obern Klassen (VI bis VIII) werden einzelne Stunden zu Übungen verwandt; das gleiche geschieht auch auf der Lateinschule.

Vergleicht man die Schriften über Schülerübungen, die im vergangenen Jahr erschienen

sind, mit denen der frühern Jahre, so erkennt man, daß jetzt die allgemeinen Werbeschriften mehr zurücktreten, und der Streit um das beste Lehrverfahren zu verstummen beginnt, daß hingegen die Arbeiten, die sich mit den Einzelheiten, den zweckmäßigsten Apparaten und Versuchen beschäftigen, die Oberhand gewinnen. Es ist dies ein sicheres Anzeichen dafür, daß man jetzt einen festen Boden für den weitem Aufbau der Übungen gewonnen hat.

H. Hahn.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Der Quecksilberdampfgleichrichter.** Quecksilberdampfgleichrichter werden von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin seit einigen Jahren hergestellt zum Zwecke der Umformung von Wechsel- oder Drehstrom in Gleichstrom und sind in kurzer Zeit erfolgreiche Konkurrenten der rotierenden Umformer geworden, die sie aus manchen Anwendungsgebieten in Zukunft vielleicht ganz verdrängen werden.

Die Quecksilberdampfgleichrichter sind jedoch auch rein wissenschaftlich, vom physikalischen Standpunkt aus, hochinteressante Apparate. Sie bilden ein dankbares Demonstrationsobjekt, um daran das Wesen des Wechselstromes zu erläutern, den man damit gleichsam vor den Augen der Zuschauer in zwei verschieden gerichtete Ströme zerlegt und zu Gleichstrom zusammensetzt. Der Quecksilberdampfgleichrichter sollte daher auch in keinem physikalischen oder elektrotechnischen Laboratorium fehlen, er eignet sich besonders auch zur Verwendung im physikalischen Praktikum. Seine Anschaffung ermöglicht außerdem, Versuche mit Gleichstromapparaten vorzunehmen, auch wenn sonst nur Wechselstrom zur Verfügung steht.

Die A. E.-G. führt 2 Modelle zur Verwendung für Laboratorien an Lehranstalten aus. Die Apparate können zum Anschluß an jedes normale Wechselstromnetz eingerichtet werden. Das erste Modell wird für eine konstante Gleichstromspannung von 110 Volt und eine maximale Stromstärke von 10 Amp. eingerichtet. Es bleibt dem Experimentierenden in jedem Falle überlassen, in welcher Weise er diese Gleichstromspannung verwertet. Dieser Apparat dürfte sich für Verwendung in höheren Lehranstalten, die nichts speziell für die Technik vorbereiten sollen, sehr gut eignen, da sie vollkommen ausreichend sind, um einen allgemeinen Einblick in das Wesen der Lichtbogentheorie und die auf ihr basierende

Wechselstromumformung zu geben. Fig. 1 und 2 zeigen Vorder- und Rückansicht dieser Type.

Das zweite, größere Modell, welches speziell für elektrotechnische Laboratorien technischer Lehranstalten konstruiert wird, ist mit einer wechselstromseitigen Regulierung und mit einer Anzapfung für eine Spannung von 50 Volt zum Betriebe von Projektionslampen eingerichtet. Die regulierbare Spannung wird in jedem gewünschten Bereich

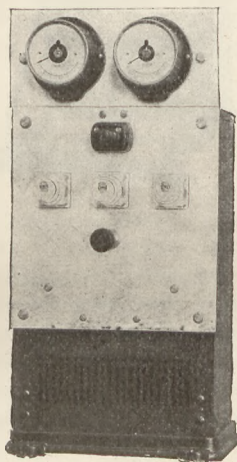


Fig. 1.

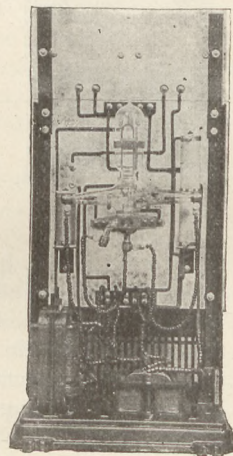


Fig. 2.

ausgeführt; sie soll hauptsächlich zur Ladung verschiedener Akkumulatortypen dienen und Veranlassung zu Studien an denselben geben. Die maximale Stromstärke, welche einem solchen Apparat entnommen werden kann, beträgt 30 Amp., so daß eine Projektionslampe von hoher Stromstärke und bedeutendem Lichteffect, die in keinem physikalischen Institut fehlt, damit betrieben werden kann. In letzterem Falle geht die Zündung des Apparates automatisch bei der Berührung der Kohlen vor sich; bei Batterieladung wird der Apparat durch Kippen des Glaskörpers

von Hand in Betrieb gesetzt. Fig. 3 und 4 zeigen Vorder- und Rückansicht dieser großen Type.

Auch die elektrotechnische Meßkunde erfährt durch die Gleichrichter eine wertvolle Ergänzung. Man kann mit diesen Apparaten die Wirkungsweise verschiedener Meßinstrumente demonstrieren. Durch Messungen auf der Gleichstromseite des Gleichrichters wird z. B. der Unterschied zwischen Effektiv- und Mittelwert eines Stromes je nach der Verwendung von dynamometrischen oder Drehspulen-Instrumenten nachgewiesen.

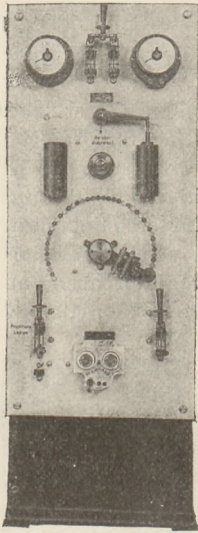


Fig. 3.

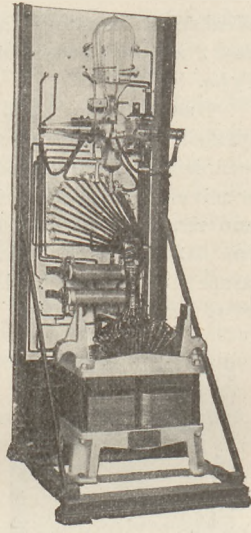


Fig. 4.

Ferner kann der Apparat für elektromedizinische Zwecke, z. B. zum Betriebe von Röntgenapparaten, dienen. Dem Lichtbogen muß naturgemäß in diesem Falle ein Widerstand parallel geschaltet werden, der bei den Stromunterbrechungen das Verlöschen desselben verhindert. Auch zur Vornahme von Elektrolysen eignen sich beide Apparate sehr gut.

Der Gleichrichter ist mithin ein nicht nur für rein technische Zwecke verwendbarer Apparat, sondern kann auch dem Mediziner und Chemiker gute Dienste leisten.

Die vorgehenden Mitteilungen galten lediglich dem Quecksilberdampfgleichrichter als fertigem Apparat. Jedoch gibt derselbe auch, wie schon erwähnt, für wissenschaftliche Untersuchungen ein interessantes und ergiebiges Feld, z. B. bietet die vom Quecksilberdampf erfüllte leuchtende Vakuumröhre Gelegenheit zu Studien über Fragen der modernen Elektronentheorie, wie denn überhaupt die

Theorie des Quecksilberdampfgleichrichters keineswegs in jedem Punkte abgeschlossen ist. Speziell erhält man durch den Oszillographen interessante Aufschlüsse über innere Vorgänge im Gleichrichter, die zu neuen Versuchen veranlassen können. In Fig. 5 und 6 sind einige Oszillogramme wiedergegeben, welche das Wesen der Umformung, wie sie in dem Glaskörper vor sich geht, erläutern.

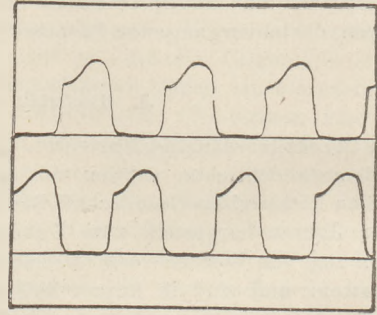


Fig. 5.

Das erste Bild zeigt übereinander die Stromimpulse, welche abwechselnd an den Anoden eintreten, getrennt aufgenommen. Im zweiten Bilde werden diese beiden Impulse zu einem, wenn auch noch etwas pulsierenden Gleichstrom vereinigt. Darunter ist noch einmal die ursprüngliche Kurve des Wechselstromes angegeben, bevor sie durch die Drosselspule beeinflusst wird.

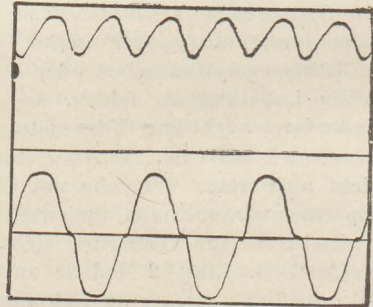


Fig. 6.

Vorläufig werden für technische Zwecke Apparate bis zu 10 KW. hergestellt. Die A. E.-G. wird aber nächstens solche für bedeutend höhere Leistungen konstruieren, so daß der Gleichrichter in der Praxis später eine fast unbeschränkte Verwertung finden kann.

Das Verwendungsgebiet des Quecksilberdampfgleichrichters ist sehr mannigfaltig; es umfaßt nahezu alle Anwendungen des Gleichstromes. Die A. E.-G. gibt folgende Zusammenstellung von Interessenten, welche Gleich-



strom gebrauchen und mit Hilfe des Quecksilberdampfgleichrichters vom Wechselstromnetz beziehen könnten: Ärzte, Krankenhäuser und Sanatorien, zum Betrieb von Röntgenapparaten, Elektrisiermaschinen, Augenmagneten, ferner zur Ladung von Elektromobilbatterien von Krankenwagen. — Theater, zum Laden der Akkumulatoren für die Notbeleuchtung. — Installateure, zum Laden von Zünd- und Taschenbatterien. — Chemische Institute für Elektroanalysen. — Höhere Lehranstalten, Technische Schulen, Fortbildungsschulen für Laboratoriumsgebrauch. — Feuer-

wehren, Telephonämter, Besitzer von Automobilgaragen zur Ladung von stationären und transportablen Akkumulatorenbatterien bis zu 80 Zellen. — Kinematographentheater, Schausteller zum Betrieb der Projektionslampen mit Gleichstrom u. a. m.

Zur weiteren Orientierung über das Wesen des Quecksilberdampfgleichrichters sei auf die untenstehende Zusammenstellung<sup>1)</sup> der bisher in deutscher Sprache erschienenen Literatur über die Umformung von Wechselstrom in Gleichstrom durch den Quecksilberlichtbogen verwiesen.

H. John.

### Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften. Von Prof. Dr. Paul Natorp. (Wissenschaft und Hypothese, Bd. XII.) Leipzig, B. G. Teubner, 1910. XX u. 416 S. Geb. M 6,60.

Das Werk soll einen systematischen Zusammenhang herstellen, der sich von den logischen Prinzipien durch die mathematischen zu den mechanischen Prinzipien und damit zu denen der gesamten Physik erstreckt. Demgemäß handelt ein umfangreiches Schlußkapitel (S. 326—404) von der zeiträumlichen Ordnung der Erscheinungen und den mathematischen Prinzipien der Naturwissenschaft. Hier kommen nacheinander zur Sprache: die Existenz der absoluten Zeit und des absoluten Raumes, Substanz und Energie, der Beharrungssatz, die drei Gesetze Newtons, das Problem der Masse, das Energieprinzip, der zweite Hauptsatz und der Wärmetod, das Relativitätsprinzip. Die Darstellung fußt in philosophischer Hinsicht auf dem neukantischen, durch Hermann Cohen begründeten Standpunkt und bietet jedem, der eine philosophische Vertiefung seiner Erkenntnis anstrebt, reiche Anregung.

P.

Probleme der Wissenschaft. Von Federigo Enriques. Übersetzt von Kurt Grelling. I. Teil: Wirklichkeit und Logik. 274 S., geb. M 4,—. II. Teil: Die Grundbegriffe der Wissenschaft. 340 S., geb. M 5,—. (Wissenschaft und Hypothese, Bd. XI.)

Das Buch bietet eine Theorie der Erkenntnis, die der Verf. selbst als eine kritische und positivistische bezeichnet. In ihr kommen neben den logischen Momenten auch die psychologischen zu ihrem Recht. Der Analyse des Begriffs der Wirklichkeit folgt eine Kritik

der Begriffe Tatsache und Theorie, darauf eine Untersuchung der Probleme der reinen und angewandten Logik. In dem Kapitel über die Geometrie wird auf die reale Bedeutung der Geometrie und auf die psychologische Entstehung der geometrischen Begriffe eingegangen. In dem Kapitel über die Mechanik wird gleichfalls die reale Bedeutung und die psychologische Entwicklung der Grundsätze erörtert. Die Physik wird als Erweiterung der Mechanik behandelt und insbesondere auch die Weiterführung zu einer

<sup>1)</sup> Brick, Der Quecksilberdampfgleichrichter. Zeitschr. für Schwachstromtechnik 1910, H. 12 u. 13. — Dr. W. Hechler, Über die neusten Ausführungen der Quecksilberdampfgleichrichter. E.T.Z. 1910, H. 41, S. 1053/56. — Höpfner, Der Quecksilberdampfgleichrichter. Archiv für Post und Telegraphie 1910, H. 16. — F. v. Keller, Der Quecksilberdampfgleichrichter in der Praxis. E.T.Z. 1909, H. 49, S. 1180/84 u. H. 50, S. 1225/26. — Dr. K. Norden, 1. Quecksilberdampf lampen und Apparate unter besonderer Berücksichtigung von Quarzlampen und Gleichrichtern. Verh. des Vereins zur Förderung des Gewerbesleißes 1908. 2. Die Wirtschaftlichkeit des Quecksilberdampfgleichrichters. A. E.-G. Ztg. XII, Nr. 8. — J. Polak, Der Quecksilberlichtbogen und seine technische Verwendung. E.T.Z. 1907, H. 24, S. 599/603, H. 26; S. 651/56; H. 30, S. 733/38. — Dr. Pole, New York, Neue automatische Quecksilberdampflampen für Wechselstromnetze. E.T.Z. 1910, H. 37, S. 929/32. — Günther Schulze, Versuche an Quecksilberdampfgleichrichtern. E.T.Z. 1909, H. 13, S. 295/7. — Betrag und Kurvenform des Rückstromes im Quecksilbergleichrichter. E.T.Z. 1910, H. 2, S. 28/31.

neueren nichtnewtonschen Dynamik in Betracht gezogen. Den Schluß bildet eine Untersuchung über die Bedeutung der Mechanik für die Biologie, wobei die mechanische Erklärung auf diesem Gebiet für völlig belanglos erklärt wird. *P.*

**Naturlehre.** Ausgabe für die Oberstufe der Gymnasien und Reformrealgymnasien. Von Prof. Dr. A. Höfler. Zweite, im wesentlichen unveränderte Auflage (mit erweiterter Chemie, einer neuen Planetentafel und einem Anhang zur Chemie und Elektrik). Mit 465 Abbild. im Text und 9 Tafeln. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn; Wien, Carl Gerolds Sohn, 1910. Geb. K 5,—.

Gemäß den neuen Lehrplänen für die österreichischen Mittelschulen ist diese Auflage namentlich dadurch erweitert, daß die Darstellung der Chemie aus der großen Ausgabe der „Physik“ in das Lehrbuch übernommen wurde. Die neue astronomische Tafel von M. Koppe reicht bis Ende 1911. Wertvoll, wenschon das Maß des für die Schule Verwendbaren überschreitend, ist der Anhang über Ionen, Radioaktivität und Elektronen (S. 414–427), der dem Verf. zu bemerkenswerten Darlegungen über das Wesen der Hypothesenbildung Anlaß gibt. Für die Hand der Schüler ist noch eine Beilage zugefügt, die auf 4 Seiten eine Umschreibung elementarer Formeln in die Sprache der Infinitesimalrechnung darbietet. Sie erstreckt sich auf Geschwindigkeit, Beschleunigung, Sinusschwingungen, Maßformeln von Kraft, Arbeit und Bewegungsenergie, barometrische Höhenmessung, elektrische Ladungsarbeit, Brechungsgesetz und Regenbogen. *P.*

**Praxis der Linsenoptik** in einfachen Versuchen zur Erläuterung und Prüfung optischer Instrumente. Mit 40 Abbild. Von Dr. Wilhelm Volkmann. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1910. 166 S. M 3,—, geb. M 3,50.

Diese Schrift enthält eine Reihe von Versuchen, die mit einfachen, billigen Mitteln und infolge der genauen, ausführlichen Anweisung ohne große Schwierigkeit anzustellen sind; es ist überraschend, welche Fülle von teilweise recht schwierigen Lehren aus der Optik mit einigen billigen Linsen, ein paar aus Pappe geschnittenen Blenden und Schirmen, einigen aus Zigarrenkistenholz mit der Laubsäge ausgeschnittenen Stativen und anderen einfachen Vorrichtungen durch exakte Versuche erläutert wird. Die Teilnehmer in der März-sitzung des Vereins zur Förderung

des physikalischen Unterrichts zu Berlin, in welcher der Verfasser eine Anzahl der in seinem Buch beschriebenen optischen Versuche vorführte, werden, wie der Referent, durch die Mannigfaltigkeit und Exaktheit der mit so einfachen Hilfsmitteln gezeigten Versuche überrascht worden sein. Als Lichtquelle benutzt Verfasser ein Stückchen von einem Glühstrumpf, das in einer Spiritusflamme zum hellen Leuchten gebracht wird. Eine linienförmige und eine punktförmige Lichtquelle werden durch Glühen eines einzelnen Glühstrumpffadens erhalten; diese Lichtquellen sind außerordentlich wirksam. Als Beugungsgitter werden Stücke seidener Müllergaze verwendet, die auf einen Papprahmen geklebt sind.

Das Buch lehrt die Gesetze über Abbildung von Gegenständen durch Linsen. Die Linsenfehler, wie chromatische und sphärische Abweichung, Astigmatismus, Koma, Verzeichnung, Bildfeldwölbung und Spiegelflecke, werden durch Versuche einzeln sichtbar gemacht; das Auge und die wichtigeren optischen Instrumente werden in instruktiven Versuchen behandelt, von denen eine große Reihe sich für Schülerübungen eignet.

Das Buch ist in erster Linie für Amateur-Photographen geschrieben, welche es lehren will, selbständig die Merkmale von Objektiven von verschiedener Art und Güte zu unterscheiden; es wendet sich ferner an die praktischen Mikroskopiker, um sie mit der Theorie der mikroskopischen Abbildung ohne mathematische Hilfsmittel vertraut zu machen. Der Inhalt des Buches geht über das, was im Schulunterricht im allgemeinen behandelt wird, zwar weit hinaus, doch ist eine große Reihe von Versuchen für Schülerübungen gut geeignet; insbesondere ist das Buch nebst den dazugehörigen Apparaten als Geschenk für solche Schüler passend, die sich aus Liebhaberei eingehender mit optischen Studien und Versuchen befassen wollen.

*W. Bahrdt-Gr.-Lichterfelde.*

**Die Lehre von der Bildentstehung im Mikroskop.**

Von Ernst Abbe. Bearbeitet und herausgegeben von Otto Lummer und Fritz Reiche. Mit 57 Abbildungen und einem Bildnis Ernst Abbes. XII u. 108 S. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1910. Geh. M 5,—, in Leinw. geb. M 6,—.

Das Erscheinen dieses Buches wird von allen, die um ein gründliches Verständnis der optischen Instrumente bemüht sind, mit großer Freude begrüßt werden. Dies wird um so



mehr der Fall sein, weil sich die Herausgeber nicht mit einer Wiedergabe der vor mehr als 20 Jahren gehaltenen Vorlesung begnügt haben, sondern in sorgfältiger Weise geprüft haben, ob Abbes Ideen auch mit der inzwischen weit entwickelten elektromagnetischen Theorie des Lichtes sich in Einklang befinden. So ist denn Abbes treffliche Arbeit von den Herausgebern auf ein tiefer reichendes Fundament gestellt worden. Zur Abrundung ist ein kurzes Kapitel über die Abbildungsgesetze der geometrischen Optik vorangestellt; der Hauptinhalt gliedert sich in die Behandlung der selbstleuchtenden und der nicht selbstleuchtenden Objekte; darauf folgen spezielle, vollständig durchgerechnete Fälle der Abbildung eines Gitters, und den Anhang bildet ein Verzeichnis von Aufsätzen anderer Autoren über die Abbildung nicht selbstleuchtender Objekte. *W. Vn.*

Das Kristallisationsmikroskop und die damit gemachten Entdeckungen, insbesondere die der flüssigen Kristalle. Von Dr. O. Lehmann, Prof. an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Mit 48 Abbildungen. VII u. 112 S. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1910. Geh. M 3,—.

Das Buch schildert, wie sich das Kristallisationsmikroskop allmählich im Zusammenhang mit den damit angestellten Studien aus der ersten improvisierten Form zu einem verwickelten Instrument ausgestaltet hat. Da der Verfasser in diesem Sondergebiet der Forschung ziemlich alleingeblichen ist, konnte er die Anregung, die Instrumentenkunde und Forschung sich gegenseitig gaben, bis in die kleinsten Züge genau verfolgen. Nebenher ist das Buch eine Kampfschrift für den Wert seiner Entdeckungen und die Richtigkeit seiner Ansichten, in der Verf. seine Gegner mehrfach mit recht bitteren Worten angreift. Das letzte Kapitel: „Flüssige Kristalle und Urheberrecht“, das Verf. in der Vorrede als eine Kritik der Geschichtsschreibung bezeichnet, fordert einen Schutz dagegen, daß wertvolle Entdeckungen verkannt oder totgeschwiegen werden können. Ob dieser in der vorgeschlagenen oder sonst in einer Weise verwirklicht werden kann, dürfte freilich recht zweifelhaft sein. *W. Vn.*

Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physikochemischer Messungen. Von Ostwald-Luther. Dritte Auflage, herausgegeben von Dr. R. Luther, Professor an der Technischen Hochschule in Dresden, und Dr. K. Drucker, Privatdozent an der Universität Leipzig. Mit

351 Figuren im Text. XVI u. 573 S. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1910. Preis geb. M 13,—.

Ostwald-Luthers Hand- und Hilfsbuch ist für physikalisch-chemische Messungen ein so unentbehrliches Hilfsmittel geworden, daß sich eine eingehende Würdigung bei der dritten Auflage wohl erübrigt. In der ersten Auflage (1893) firmierte Ostwald allein; in der zweiten (1902) hatte Luther den Hauptteil der Arbeit übernommen; jetzt ist eine neue Verschiebung eingetreten, da Ostwald ganz ausgeschieden ist, und die Hauptarbeit Drucker zufiel, der einen Stab von Spezialisten zur Mitarbeit heranzog. Daß das Buch, obwohl es vieler Hände Werk ist, einen einheitlichen Charakter hat, ist das beste Zeichen für die Schulung der Leipziger Physikochemiker. Die Eigenarten der beiden Herausgeber, Luther und Drucker, ergänzen sich überdies in der glücklichsten Weise.

Viele Kapitel sind gegen die zweite Auflage gänzlich umgestaltet worden, so das erste: „Das Rechnen“, und das vierte: „Temperaturmessung“; beide sind mustergültig. Aber wohl in allen Abschnitten findet man Neues, meist Vereinfachungen oder Verbesserungen unter Berücksichtigung der neusten Literatur.

Folgende Punkte sind dem Ref. bei der Benutzung des Buches aufgefallen: S. 153 ist der lineare Ausdehnungskoeffizient der gangbaren Glassorten etwas zu hoch angegeben. S. 177 vermißt der Ref. die weniger zerbrechliche und ebenfalls viel erprobte Rimbachsche Form des Sprengel-Pyknometers.

S. 250 sind die letzten Absätze (Entwicklung von Stickstoff und Stickoxydul) durcheinandergekommen. S. 327: Die deutschen Verbrennungsbomben von Hegershoff-Leipzig und das billigere Modell von J. Peters-Berlin sind den französischen von Golaz-Paris ohne weiteres ebenbürtig. S. 329 sind als Eichsubstanzen für die Bombe in erster Linie Rohrzucker und Benzoesäure aufzuführen; der für Naphthalin angegebene Wert ist etwas zu hoch.

Bei dem Abschnitt „Optische Messungen“ ist die Molekular-Refraktion und -Dispersion wohl etwas zu kurz gekommen; auch vermißt der Ref. das bei Serienuntersuchungen in wäßrigen Lösungen durch nichts zu ersetzende Zeissche Eintauchrefraktometer (es arbeitet bequem, schnell und genau!). Bei der Polarimetrie (S. 369) könnte man die Bequemlichkeit der „Drittelschattenapparate“, die für genaue Messungen wohl ausschließlich gebraucht werden, erwähnen.

Daß diese kleinen Ausstellungen und Wünsche den Wert des Buches in keiner Weise beeinträchtigen, braucht wohl nicht hervorgehoben zu werden.

*W. Roth-Greifswald.*

**Lehrbuch der anorganischen Chemie.** Von Dr. Jakob Lorscheid. 18. Auflage, herausgegeben von Dr. Friedrich Lehmann, Prof. am Realgymnasium zu Siegen i. W. Freiburg i. B., Herdersche Verlagsbuchhandlung, 1909. VIII und 331 S. M 3,60, geb. M 4,20.

Die neue Auflage des altbekannten und bewährten Buchs ist von den früheren, die in dieser Zeitschrift besprochen worden sind, in methodischer Hinsicht und in der Anordnung nicht verschieden, doch zeigt sie im einzelnen — den Fortschritten der Wissenschaft und Technik entsprechend — dankenswerte Ergänzungen und Berichtigungen. Die sehr sorgfältigen Angaben über die wirtschaftliche Bedeutung der technisch wichtigen Stoffe und Prozesse verdienen besondere Anerkennung.

*J. Schiff.*

**Neuere Erfolge und Probleme der Chemie.**

Erperimentalvortrag, gehalten in Anwesenheit S. M. des Kaisers aus Anlaß der Konstituierung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften am 11. Januar 1911 im Kultusministerium zu Berlin. Von Emil Fischer. Berlin, J. Springer, 1911. 30 S., broschiert M 0,80.

Durch die Publikation dieses reizvollen Vortrages hat sich der Verf. weite Kreise zu Dank verpflichtet. Die Errungenschaften der Chemie in den letzten Dezennien, die Erfolge der Radiumforschung, der Elektrochemie, der Salpetersäuregewinnung aus der Luft, ferner die großartigen Fortschritte der organischen Synthese, z. B. bezüglich der Farbstoffe, des Kautschuks, der Riechstoffe, der Eiweißverbindungen — dies alles und noch vieles andere findet in der kurzen Schrift eine glänzende Darstellung. Hell ist dabei das Licht, das von den Berliner Laboratorien ausstrahlt, obgleich der Verf. seinen eigenen Namen bescheidenlich verschweigt. Zugleich wird aber auch die Notwendigkeit der neuen Forschungsinstitute in überzeugender Weise dargetan. Es kann jedem, der sich in den Besitz der kleinen, fesselnd abgefaßten und mit Humor durchwürzten Schrift setzt, eine genußreiche Stunde versprochen werden.

*O. Ohmann.*

**Methodischer Leitfaden der Chemie und Mineralogie** für höhere Mädchenschulen. Bearbeitet von Dr. K. A. Henniger, Professor am Schiller-Realgymnasium in Charlottenburg, unter Mitwirkung von Dr. C. Lohauß, Oberlehrer an der Chamisso-Schule in Schöneberg-Berlin. Mit 90 Abbildungen. Stuttgart und Berlin, F. Grub, 1910.

**Vorbereitender Lehrgang der Chemie und Mineralogie.** Nach methodischen Grundsätzen bearbeitet von Dr. K. A. Henniger. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 104 Figuren. Derselbe Verlag, 1909. Gebunden M 1,50.

Da der „Leitfaden“ für höhere Mädchenschulen ausgesprochenermaßen „eine Umarbeitung des ‚Vorbereitenden Lehrganges‘ (d. Zeitschr. XX, 205) ist“, so können hier beide Bücher gleich zusammen besprochen werden.

Wer von der Ansicht ausgeht, daß der neu eingerichtete chemische Kursus der höheren Mädchenschulen, ebenso wie der Lehrgang an höheren Knabenschulen, nicht ein an der Oberfläche der Dinge haften bleibendes buntes Vielerlei bieten dürfe, sondern daß in ihm gewisse durchgreifende Gesetze als Resultat wirklicher, sorgsam ausgewählter Versuche gewonnen und in logischen Zusammenhang gebracht werden müssen, wird sich mit dem vorliegenden Leitfaden schwerlich befreunden können. Wichtige Grundgesetze werden hier entweder ohne einen bestimmten Versuch einfach dogmatisch aufgestellt oder aber mit Zuhilfenahme unzureichender, nichts beweisender Versuche — also nur scheinbar — abgeleitet.

So wird die wichtige Einsicht, daß die „chemischen Verbindungen“ stets „eine unveränderliche Zusammensetzung“ besitzen, ohne einen quantitativ durchgeführten Versuch aufgestellt. Es wird nur der allbekannte Mischungsversuch von Schwefel und Eisenpulver vorgenommen und nach der Reaktion dogmatisch der Satz aufgestellt (L. u. V. S. 3): „Die bei diesem chemischen . . . Vorgänge beteiligten Gewichtsmengen verhalten sich stets wie 4 : 7“.

Auch die Art, wie dieser Grundversuch — der nun einmal in der gewöhnlichen Form eine quantitative Auswertung nicht verträgt — vorgenommen und zur Gewinnung des Begriffs der „chemischen Verbindung“ verwendet wird, entbehrt durchaus der inneren Strenge. Es werden nämlich die Stoffe nicht im Verhältnis ihrer Verbindungsgewichte, sondern in den Mengen 20 g Fe und 10 g S gemischt. Nach Ausführung des Versuchs heißt es dann: „der so erhaltene neue



Stoff, Schwefeleisen genannt, zeigt . . . völlig neue Eigenschaften“; usw. (S. 2). Es wird also das Reaktionsprodukt von 20 g Fe und 10 g S hier als „Schwefeleisen“ bezeichnet, es wird als das ausgegeben, was man in strengerer Begriffsfassung einen reinen Stoff nennt. Hiermit steht in Widerspruch, was wenige Zeilen danach (S. 3) in Petitdruck gesagt ist, daß „ein vorhandener Überschuß an Eisen“ sich „mit dem neuen Stoffe vermengt“. Hier erfährt also der Schüler, daß das erhaltene Produkt doch ein Gemenge darstellt, während es vorher als „neuer Stoff, Schwefeleisen genannt“, bezeichnet wurde; das Schwefeleisen selbst lernt er jedenfalls bei diesem Versuche nicht kennen. Solche Unklarheiten fallen gerade im Anfange, wo es sich um die Gewinnung der ersten wichtigen Begriffe handelt, ins Gewicht. In einem weiteren Versuche (S. 3) werden allerdings genau 4 g S und 7 g Fe in bedeckten Porzellantiegel zur Vereinigung gebracht, aber nur, um daran das Gesetz der Erhaltung des Gewichts zu erweisen, wozu aber der Versuch in dieser Form wiederum nicht geeignet ist; denn es wird sich immer, trotzdem man „11 g — durch Nachwiegen zu kontrollieren —“ erhalten soll, auch auf einer nicht sehr empfindlichen Wage ein gewisser Gewichtsverlust (infolge Wegdampfens von Schwefel) ergeben.

In ähnlicher Weise sind auch die weiteren theoretischen Ausführungen vielfach ungenau oder geradezu unlogisch; z. B. ist bei der Einführung in die Atomtheorie (§ 10) keine genügende Scheidung zwischen Erfahrung und Hypothese vorgenommen; und nachdem hier (S. 25) auseinandergesetzt ist, was unter Atomen und Molekülen zu verstehen ist, heißt es unvermittelt: „Sonach darf man auch weiter annehmen, daß gleiche Raumteile von Elementargasen . . . die gleiche Anzahl von Molekülen (und Atomen) enthalten (Hypothese von Avogadro)“. Dieses „Sonach“ ist völlig unbegründet, außerdem ist die Beschränkung der Avogadroschen Regel auf die Elementargase ganz unstatthaft, sie steht auch in Widerspruch mit der historischen Entwicklung. Aber das historische Moment ist im Leitfaden überhaupt so gut wie ganz vernachlässigt, was gerade hinsichtlich seiner Verwendung an Mädchenschulen eine große Lücke bedeutet.

Ein weiteres Beispiel für den Mangel an wissenschaftlicher Genauigkeit bieten die Ausführungen über die „Nichtmetalle“ (L., S. 26, V., S. 23): „Sie besitzen keinen metallähnlichen

Glanz“ — es sind aber Arsen und Antimon mit aufgeführt — „und leiten die Wärme schlecht und die Elektrizität — mit Ausnahme des graphitischen Kohlenstoffs — überhaupt nicht“. Hierzu folgt noch in Parenthese „(Nichtleiter oder Isolatoren)“. Danach wären also Arsen und Antimon, deren Leitfähigkeit an die mancher Eisensorten heranreicht, Isolatoren; danach dürfte auch das Nichtmetall Selen — das allerdings im Buche nicht erwähnt ist — nicht bei der elektrischen Fernphotographie Verwendung finden.

Auch die innere Anordnung läßt vieles zu wünschen übrig; so heißt eine Kapitelüberschrift „Natürliche Schwefelmetalle und der Zinnstein“ (S. 57). Hier wird an die Zinkblende bzw. das Zink ohne innere Berechtigung das Zinn angeschlossen, das man sonst von jenem Metall gerade fernzuhalten sucht.

Auf weitere Einzelheiten einzugehen, müssen wir uns wegen Raummangels versagen. In typographischer Hinsicht muß noch erwähnt werden, daß die Übersichtlichkeit des Textes außerordentlich beeinträchtigt wird durch den immerfort wechselnden Druck — auf mancher Seite gibt es kaum eine Zeile, wo der gewöhnliche Satz nicht immerfort durch gesperrten Satz und Fettdruck unterbrochen wird. Mag man in manchen neueren Büchern, geleitet von dem Bestreben schlichter fortlaufender Darstellung, in der Gleichmäßigkeit des Schriftsatzes vielleicht manchmal zu weit gehen — hier ist sicher nach der Gegenseite zu weit gegangen. Noch störender wirken die vielen Fußnoten, die oft zu drei bis fünf oder mehr auf einer Seite stehen, und die ihrem Inhalt nach meistens in den Text gehören oder aber Verlegenheiten in der Stoffbearbeitung dokumentieren.

Beide Bücher lehnen sich hinsichtlich des allgemeinen Lehrganges und der Stoffanordnung auffällig stark an andere verbreitete Lehrbücher an — ohne daß im Vorwort der Name eines Autors Erwähnung findet. An verschiedenen Stellen des Leitfadens glauben wir übrigens den verbessernden Einfluß des Mitarbeiters zu erkennen, doch konnte mit einzelnen Verbesserungen dem Ganzen schließlich nicht aufgeholfen werden.

Mit so wenig sachgemäß angelegten und so wenig logisch durchgearbeiteten Büchern wird sich die Chemie an höheren Mädchenschulen nicht den geachteten Platz erobern, der dieser Wissenschaft ihrem inneren Wesen nach gerade für diese Stelle in besonderem Maße zukommt.

**Das chemische Praktikum.** Ein kurzer Leitfaden für Schule und Selbstunterricht. Von Prof. Dr. E. Dennert. 4. Aufl. Hamburg und Leipzig, L. Voss, 1910. 64 S.

Das Buch wurde bereits in dieser Zeitschrift wiederholt besprochen (*XI 150*, *XVII 313*). Wenn auch der Plan des Ganzen, insbesondere die Anlehnung der Übungen an den Unterrichtsgang zu billigen ist, so sind doch andererseits verschiedene Mängel, auf die schon früher hingewiesen wurde, noch nicht beseitigt. So sind bei etlichen Übungen die Angaben über die Mengenverhältnisse unzureichend. In der Aufgabe 121 (S. 24) heißt es z. B. „Mache eine konzentrierte Lösung von Zucker und gieße in sie konzentrierte Schwefelsäure“; hier kann unter Umständen eine unerwünscht heftige Reaktion eintreten. Bei dem gefährlichen Kaliumchlorat ist die Angabe „Wirf Kohle- oder Schwefelstückchen auf die geschmolzene Masse“ (S. 12) viel zu unbestimmt, da der

Größenbegriff eines „Stückchens“ sehr schwankend ist. Noch bedenklicher ist die Angabe (S. 12) „Nun mische je 2 Löffel Zucker und chloresaureres Kalium (sehr vorsichtig!), fülle“ usw. Will etwa ein Schüler den Versuch, der im Praktikum vielleicht übergangen wurde, zu Haus aus eigenen Stücken vornehmen, so kann er dabei das größte Unglück haben. Die Warnung „sehr vorsichtig!“ besagt ohne genauere Anweisungen gar nichts. So vermißt man allenthalben nähere Anweisungen zur Verhütung von Unfällen, was um so mehr ins Gewicht fällt, als das Buch auch „zum Selbstunterricht“ dienen soll. Unzutreffend ist beiläufig die Bemerkung (S. 16) daß die aus 7 g Eisen und 4 g Schwefelblumen „entstehende Verbindung dem in der Natur vorkommenden Schwefelkies“ entspreche. Im Interesse der allmählichen Vervollkommnung der chemischen Schülerübungen wäre eine Abstellung der erwähnten Mängel durchaus erwünscht. O.

## Versammlungen und Vereine.

### Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen zu Frankfurt a. M.

3. bis 15. Oktober 1910.

An dem Ferienkursus nahmen 42 Herren teil. Die Leitung lag wieder in den Händen der Herren Direktor Dr. BODE und Prof. Dr. BOLLER. Nach einer Begrüßung der Teilnehmer durch den Vorsitzenden des physikalischen Vereins Prof. HARTMANN wurde der Kursus durch den Geh. Regierungs- und Provinzialschulrat Dr. KAISER eröffnet. Das Programm umfaßte:

#### I. Vorlesungen.

Herr Prof. Dr. WACHSMUTH las über Interferenzen und Beugungserscheinungen. Ausgehend vom Youngschen Interferenzprinzip demonstrierte er die Interferenzstreifen mittels der Fresnelschen Spiegel und des Biprismas für subjektive und objektive Beobachtung, wobei mittels eines zylindrischen Konkavspiegels das Interferenzbild in eindimensionaler Vergrößerung auf Mattscheiben reflektiert wurde, die sich in den Händen der Teilnehmer befanden. Auch die Newtonschen Ringe ließen sich mittels eines von Steg und Reuter konstruierten Apparates für objektive Beobachtung projizieren. Das Hauptthema der Vorlesung bildeten die Interferenzen an

parallelen und keilförmigen ebenen Platten. Nach Demonstration der Grunderscheinungen besprach und zeigte der Vortragende die diese Erscheinungen verwertenden Apparate von Michelson, Jamin und von Fabry und Perot sowie die mit Hilfe dieser Apparate erzielten Erfolge in der Auflösung feinsten Spektrallinien. Als Beispiel für diese Auflösungskraft wurde der Zeemaneffekt an der grünen Quecksilberlinie demonstriert.

Herr Dr. LINKE behandelte: 1. Luftelektrizität. Er zeigte die wichtigsten Apparate zu deren Messung, nämlich den Zerstreungsapparat von Elster und Geitel, den Elektronenaspirator von Ebert und den Gerdienschen Leitfähigkeitsapparat, und besprach die Ursachen der Ionisierung, als deren wesentlichste er die Aussendung von Ionen durch die radioaktiven Substanzen und ihre Zerfallsprodukte hervorhob. Im Anschluß daran demonstrierte er die Untersuchung des Erdfeldes mittels Kollektoren und besprach den Zusammenhang seines Potentialgefälles mit dem Ionenstrom sowie die neueren Gewittertheorien. 2. Seismik. Die wichtigsten Seismographen wurden beschrieben, einige mit ihnen erhaltene Kurven projiziert und analysiert und Schlüsse aus dieser Analyse auf die Natur des Erdinneren gezogen. 3. Wetterkunde mit spezieller Berück-



sichtigung ihrer Einführung in den Unterricht. Die Schüler sollen schon in den mittleren Klassen nach kurzer Erläuterung der Grundbegriffe zur täglichen Beobachtung der meteorologischen Daten, zur monatlichen graphischen Darstellung und zum Vergleich der erhaltenen Kurvenzüge mit dem Witterungsverlauf angehalten werden. Die Ansetzung besonderer Stunden ist auf dieser Stufe nicht nötig. In Obersekunda folgt dann die Erklärung der Abhängigkeit der Witterung von der Verteilung des Luftdrucks durch eine kurze Einführung in die Theorie der Zyklone und Antizyklone. Ziel des Unterrichts ist Verständnis der Wetterkarte und Befähigung zur Korrektur der Prognose durch eigene Beobachtung.

Herr Prof. Dr. DÉGUISNE sprach über elektrische Schwingungen. Er behandelte das Verhalten von Spule und Kondensator im Wechselstrom, die aus diesem Verhalten abgeleiteten Begriffe der Induktivität und Kapazität und die durch beide bewirkte Phasenverschiebung zwischen Strom- und Klemmenspannung. Die Betrachtung von Spule und Kondensator in Serienschaltung führte zur Definition der kritischen Wechselzahl und der Resonanz. Der Unterscheidung gedämpfter und ungedämpfter elektrischer Schwingungen folgte die Besprechung und Demonstration der Methoden zur Erzeugung beider. Auch die Anwendung der Resonanz zur Wellenmessung wurde gezeigt. Hieran schloß sich die Besprechung der Wellenempfänger und ihrer Abstimmung auf bestimmte Wellenlängen. Ein letztes Kapitel war der Einrichtung von Stationen für drahtlose Telegraphie und den Versuchen zur Sendung gerichteter Wellen gewidmet. Alle Ausführungen wurden durch zahlreiche Versuche an zum Teil bemerkenswert einfachen Apparaten erläutert.

Herr Prof. Dr. FREUND behandelte „Neues aus der chemischen Technologie“, und zwar: 1. Die Herstellung von Ballongasen. Nach kurzer Erwähnung der historischen Methoden besprach er die Abscheidung des Wasserstoffs aus dem Wassergas, seine elektrolytische Gewinnung vor allem als Nebenprodukt bei der Sodafabrikation, seine Darstellung durch Einwirkung der Elemente Natrium, Kalzium, Aluminium und Silizium auf Wasser bzw. Lauge, sowie endlich durch die thermische Zersetzung des Azetylens. Auch Verfahren zur Gewinnung leichter Ballongase aus dem Leuchtgas wurden besprochen. 2. Die Darstellung der Metalle

Tantal und Wolfram aus ihren Erzen und ihre Verarbeitung zu Metallfäden für Glühlampen und die Verwendung der Abfallprodukte der Glühstrumpfindustrie zur Herstellung der Cerfeuerzeuge. 3a. Die Darstellung der Stickstoffverbindungen Ammoniak, Hydracin und Stickstoffwasserstoffsäure, sowie einige technisch wertvolle Derivate dieser Verbindungen. 3b. Neuere Verfahren zur Bindung des atmosphärischen Stickstoffs.

Herr Prof. Dr. LORENZ las über Metallographie und Phasenlehre. Er besprach die Darstellung des Verhaltens einer Legierung bei der Erstarrung durch eine Zeit-Temperaturkurve, die Benutzung solcher Kurven zur Herstellung eines Erstarrungsdiagramms und die Analyse von Legierungen an der Hand eines solchen Diagramms. Dann zeigte er die Herstellung und Behandlung von Metallschliffen und ihre mikroskopische Untersuchung und bewies an einer großen Anzahl mikrophotographischer Projektionsbilder die Übereinstimmung des aus dem Diagramm erschlossenen und des direkt beobachteten Zustandes der Legierung. Die Betrachtung der Vorgänge in den Legierungen von dem Standpunkt des Massenwirkungsgesetzes aus führte dann zur Aufstellung der Phasenregel. Schließlich behandelte der Vortragende an der Hand von Projektionsbildern die verschiedenen Typen der Erstarrungsdiagramme und ihre Deutung.

## II. Übungen.

Im Anschluß an seine Vorlesung leitete Herr Prof. Dr. DÉGUISNE, von vier Assistenten unterstützt, elektrotechnische Übungen, in denen außer den üblichen Strom-, Spannungs- und Energiemessungen die Messung von Induktivitäten und Kapazitäten, die Bestimmung von Schwingungszahlen und die gegenseitige Abstimmung zweier Schwingungskreise ausgeführt wurde.

Herr Dr. LINKE leitete geophysikalische Übungen, in denen die Prüfung und Ablesung meteorologischer Apparate, luftelektrische Messungen und Arbeiten am Seismographen ausgeführt und das Entwerfen von Wetterkarten geübt wurde.

Auch fanden Übungen im Bearbeiten des Glases statt.

## III. Besichtigungen.

Besichtigt wurden die Platinschmelze von Heraeus in Hanau, die Felten & Guilleaume-Lahmeyerwerke, die Elektrotechnische Fabrik von Hartmann & Braun, das Senckenbergmuseum, die Klinger-Oberrealschule, die

Euler-Werkstätten auf dem Flugplatz Griesheim und das Saalburg-Museum zu Homburg. Zur Vorbereitung auf diese Exkursionen sprachen Herr Ingenieur BÖNINGER über die Theorie des Flugproblems, Herr Prof. Dr. EPSTEIN über die Herstellung der Dynamomaschine und Herr Prof. HARTMANN über Geschichte und Organisation der Elektrotechnischen Fabrik von Hartmann & Braun.

#### IV. Mitteilungen der Teilnehmer.

Herr Prof. HÖHNEMANN erläuterte am Beispiel zahlreicher Projektionsbilder aus der Umgebung von Landsberg an der Warthe, wie man auf der Schule geologische Heimatkunde treiben kann.

Herr Dr. MAEY sprach über die Demonstration der Resonanz durch zwei gekoppelte Pendel und über die Behandlung der Beugungserscheinungen auf der Schule.

Im Anschluß an diese Mitteilungen fand eine lebhafte Aussprache über Erfahrungen bei physikalischen Schülerübungen statt. Übereinstimmend wurde festgestellt, daß die Übungen den Unterricht ergänzen, aber nicht ersetzen können, und daß sie mit Eifer und

Erfolg nur von den Schülern betrieben werden, die auch im Unterricht für Physik sich interessieren.

#### V. Ausstellungen.

Im Vorstandszimmer des Vereins war die neueste wissenschaftliche und pädagogische Literatur aus der Chemie, Physik, Elektrotechnik und verwandten Gebieten aufgestellt. Eine Ausstellung von Apparaten verschiedener Firmen befand sich im Sammlungszimmer des physikalischen Instituts.

Von Vertretern der Firmen Hartmann & Braun und Ernst Leitz wurden neuere Schulapparate für elektrische Messungen bzw. Apparate zur Dunkelfeldbeleuchtung vorgeführt. Von der Firma Hartmann & Braun wurde den Teilnehmern ein kleines Thermoelement für die Sammlungen ihrer Anstalt überreicht.

Zum Schluß sei erwähnt, daß auf gemeinsamen Ausflügen und abendlichen Zusammenkünften, an denen die Leiter des Kursus in aufopferndster Weise sich beteiligten, allen Kollegen die beste Gelegenheit gegeben war, einander näher zu treten und Erfahrungen auszutauschen.

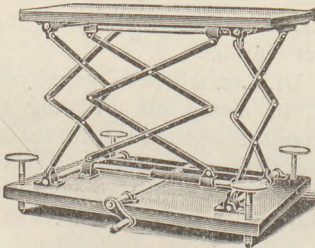
W. Hertz-Flensburg.

## Mitteilungen aus Werkstätten.

### Scherentisch nach Professor Frick (D.R.G.M. Nr. 447230).

Von PAUL GEBHARDT SÖHNE, Berlin C. 54,  
Neue Schönhauser Str. 6.

Jeder Experimentator macht die Erfahrung, daß es äußerst umständlich ist, einen Apparat in beliebiger Höhe aufzustellen. Diesem Mangel soll der Scherentisch abhelfen.



Er besteht aus einer Grundplatte,  $50 \times 60$  cm, aus Holz und der eigentlichen Tischplatte,  $40 \times 50$  cm.

Die Tischplatte wird von 2 Paaren eiserner, paralleler, senkrecht stehender Scheren getragen, die sich verlängern oder verkürzen lassen. Zu diesem Zwecke sind

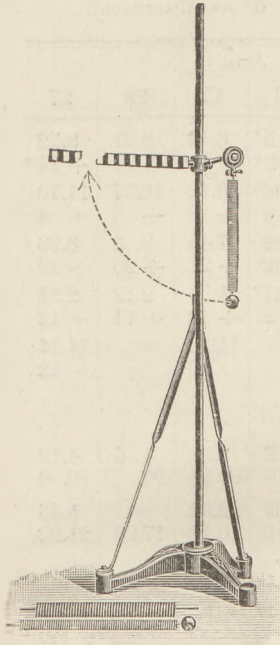
2 entsprechende, untere Schenkel der beiden Scherenpaare durch einen Querbalken verbunden, und dieser ist durch eine an der Grundplatte befestigte Spindel mit Kurbel beweglich. Um seitlichen Schwankungen der Tischplatte vorzubeugen, läuft unter derselben und senkrecht zu den beiden ersten Scherenpaaren ein drittes Scherenpaar leer mit. Vermittelt Spindel und Kurbel ist es möglich, die Tischplatte und mit ihr den darauf stehenden Apparat um Bruchteile von mm zu heben und zu senken. Der Tisch gestattet, Höhenunterschiede selbst schwerer Apparate von etwa 50 cm herzustellen und besitzt an der Grundplatte Stellschrauben. Geringste Höhe 16 cm. Preis M 70,00.

### Ein Zentrifugalapparat.

Von PAUL GEBHARDT SÖHNE, Berlin C. 54,  
Neue Schönhauser Str. 6.

Der Apparat dient zum Nachweis, daß mit wachsender Umdrehungsgeschwindigkeit infolge der Zentrifugalkraft Spiralfedern von verschiedener Elastizität sich ungleich aus-





dehnen. An einer vertikalen Stativstange, welche durch drei Verstrebungen gestützt ist, befindet sich ein horizontaler Arm, welcher an seinem vorderen Ende ein Kugellager besitzt. Am äußeren Ring desselben ist ein Lochstutzen, worin sich verschiedene Spiralfedern von ungleicher Elastizität, Stärke und Länge befestigen lassen. Für die Belastung der Spiralfedern sind 2 verschiedenen schwere Kugelgewichte beigegeben. Durch Handbewegung läßt sich die beschwerte Spiralfeder in kreisförmige Bewegung versetzen, und durch die Zentrifugalkraft wird die Feder entsprechend ausgelehnt. An einem in horizontaler Richtung angebrachten Maßstab

läßt sich die verschiedene Ausdehnung der Spiralen ablesen und vergleichen. Dem Apparat werden 3 Spiralfedern beigegeben. Preis M 48,—.

**Preisverzeichnis Nr. 27** über physikalische Apparate und chemische Geräte.

Von MEISER & MERTIG in Dresden. (464 S.)

Das Verzeichnis umfaßt allein im physikalischen Teil über 13 000 Nummern und zeigt, daß die Firma mit den Fortschritten der Unterrichtstechnik Schritt gehalten hat. Als Spezialitäten seien erwähnt: Funkeninduktoren, Apparate für drahtlose Telegraphie, eine neue Thermosäule (D. R. P. a.) von geringem Gewicht und hohem Nutzeffekt bei sehr mäßigem Preise, endlich die bekannten „Physikalischen Kabinette“ und Experimentierkästen.

**Elektrophysikalische Demonstrationen** mit einer Beschreibung der verwendeten Apparate. Unter diesem Titel hat die Firma HARTMANN & BRAUN in Frankfurt a. M. eine Schrift (20 S.) veröffentlicht, in der sie drei neue Demonstrationsapparate für die Elektrizitätslehre beschreibt und deren Anwendung an einer Reihe von Beispielen erläutert. Die Apparate sind 1. ein magnetelektrischer Demonstrationsapparat, der gleichzeitig als Drehspulgalvanometer wie auch als Motor bzw. Generator dienen kann; 2. eine Reihe von handlichen und leicht zusammensetzbaren Einzelrheostaten, die namentlich für Verzweigungs-rheostaten verwendbar sind; 3. ein elektromagnetischer Demonstrationsapparat, der als kombiniertes Volt- und Amperemeter elektromagnetischen Systems gebaut ist und zugleich für die Anstellung aller Induktionsversuche eingerichtet ist, wofür noch ein Stabmagnet, ein weicher Eisenkern und eine Eisenmembran beigegeben sind. Als ein besonderer Vorzug dieser Einrichtungen ist es anzusehen, daß man mehrere verwandte Erscheinungen mit den gleichen Mitteln zur Darstellung bringen kann. Die Montierung der Apparate für den jeweiligen besonderen Zweck läßt sich für Lehrer und Schüler anregend gestalten.

#### Berichte über Apparate und Anlagen.

Von LEPPIN & MASCHE in Berlin SO.

In Heft 1 und 2 des VIII. Jahrgangs (1911) ist eine Reihe von Apparaten für Schülerübungen nach W. Bahrdt im Anschluß an die von diesem verfaßte Schrift über magnetische und magnetelektrische Messungen (Sonderheft d. Zeitschr. II, 4) beschrieben, nämlich: magnetische Wage, Deklinatorium, Inklinatorium, Magnetnadel mit 2 Drehungsachsen, kurze Magnetnadel mit 1 Drehungsachse, Apparat für das Biot-Savartsche Gesetz, drehbares Solenoid. — Außerdem sind mehrere Apparate von W. Volkmann beschrieben, ein neuer Interferenzspiegel und andere, über die demnächst in dieser Zeitschrift berichtet werden wird.

### Korrespondenz.

Sonderhefte der Zeitschrift. Von den Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft ist Heft 5 des 2. Bandes erschienen: Beiträge zur Behandlung der elektromagnetischen Lichttheorie und der

Lehre von den elektrischen Schwingungen. Nebst einem Anhang über die Geschwindigkeit der Elektrizität. Von Dr. HEINRICH LÜDTKE, Prof. am Reform-Realgymnasium in Altona (Elbe). 120 S. M 4,—.

### Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1911.

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

	Juni						Juli						
	2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22	27	
♿ {	AR	3 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup>	3.22	3.50	4.23	5. 2	5.46	6.33	7.21	8. 5	8.45	9.21	9.52
	D	+ 13 <sup>o</sup>	+ 15 <sup>o</sup>	+ 18 <sup>o</sup>	+ 20 <sup>o</sup>	+ 22 <sup>o</sup>	+ 24 <sup>o</sup>	+ 24 <sup>o</sup>	+ 24 <sup>o</sup>	+ 22 <sup>o</sup>	+ 20 <sup>o</sup>	+ 17 <sup>o</sup>	+ 14 <sup>o</sup>
♀ {	AR	7 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	8. 5	8.28	8.50	9.11	9.31	9.50	10. 9	10.26	10.42	10.57	11.10
	D	+ 24 <sup>o</sup>	+ 23	+ 21	+ 20	+ 18	+ 16	+ 14	+ 12	+ 10	+ 8	+ 6	+ 4
☉ {	AR	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>	4.57	5.18	5.39	6. 0	6.21	6.41	7. 2	7.22	7.43	8. 3	8.23
	D	+ 22 <sup>o</sup>	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 22	+ 21	+ 20	+ 19
♂ {	AR	0 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup>	0.15	0.29	0.42	0.55	1. 8	1.21	1.34	1.47	1.59	2.12	2.24
	D	- 2 <sup>o</sup>	0	+ 1	+ 2	+ 4	+ 5	+ 6	+ 8	+ 9	+ 10	+ 11	+ 12
♃ {	AR		14 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>		14.13		14.11		14.11		14.12		14.14
	D		- 12 <sup>o</sup>		- 12		- 12		- 12		- 12		- 12
♄ {	AR	2 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>						3. 1					
	D	+ 14 <sup>o</sup>						+ 15					
☾ Aufg.		3 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	3.42	3.40	3.39	3.39	3.40	3.43	3.47	3.52	3.58	4. 5	4.12
	Unterg.	20 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	20.15	20.19	20.22	20.24	20.24	20.24	20.21	20.18	20.13	20. 7	20. 0
☉ Aufg.		9 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	15.45	21.40	—	0.58	3.53	11. 3	17.17	21.39	22.52	—	5.46
	Unterg.	0 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	1.46	3.19	8.36	15.18	22. 3	23.43	0.32	3.56	10.17	17.26	21.22
Sternzeit im mittl. Mittg.		4 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	4.58.55	5.18.38	5.38.21	5.58. 3	6.17.46	6.37.29	6.57.12	7.16.55	7.36.37	7.56.20	8.16. 3
Zeitgl.		- 2 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup>	- 1.34	- 0.36	+ 0.26	+ 1.31	+ 2.35	+ 3.37	+ 4.31	+ 5.16	+ 5.50	+ 6.12	+ 6.20

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Sommersanfang am 22. Juni, 14<sup>h</sup> 36<sup>m</sup> M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Juni 3, 23 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup>	Juni 11, 22 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	Juni 19, 21 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>
	Juni 26, 14 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>	Juli 3, 10 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	Juli 11, 13 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	Juli 19, 6 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>
	Juli 25, 21 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>			

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	unsichtbar	2 bis 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden als Abendstern sichtbar	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> bis 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden lang morgens sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer beträgt am Ende des Monats nur noch 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden	wird am Schluß des Monats morgens sichtbar
im Juli	unsichtbar	am 7. größte östliche Elongation, zuletzt jedoch nur noch 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunde lang sichtbar	zuletzt bereits 4 Stunden lang vor der Morgendämmerung sichtbar	zuletzt abends nur noch 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden lang sichtbar	morgens 3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> bis 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunden lang sichtbar

Verfinsterungen der Jupitertrabanten (E = Eintritt, A = Austritt):

Juni 2, 22 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> M.E.Z., II A	Juni 11, 22 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> M.E.Z., III A	Juli 4, 21 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> M.E.Z., II A
9, 22 32 4 I A	25, 20 49 35 I A	18, 21 2 14 I A
11, 21 18 21 III E	Juli 2, 22 44 10 I A	24, 22 32 4 III A

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.