

## Die Erscheinungen der Magnetinduktion in schulgemäßer Darstellung.

Von

Dr. O. Ehrhardt, Direktor der Realschule in Karlsruhe.

### I.

Ich werde im folgenden einen Gedankengang andeuten, der bei der schulgemäßen Behandlung der Magnetinduktion verfolgt werden kann. Ich lege besonderes Gewicht darauf, daß die Fundamentalversuche in möglichst einfacher und übersichtlicher Weise vorgeführt werden, worüber ich mich in den Südwestdeutschen Schulblättern (1898 No. 11) eingehender ausgesprochen habe. Quantitative Beziehungen werden nicht in Betracht gezogen; wo solche beim Unterrichte Berücksichtigung finden können, lassen sie sich ohne Störung des hier befolgten Gedankenganges einfügen. Ich stelle die Beschreibung von einigen Apparaten voran, die ich für die Versuche verwende und die z. T. nach meinen Angaben im Winter 1893/94 hergestellt wurden. Kleinere Apparate, deren Beschreibung den Gang der Darstellung nicht stört, werden an geeignetem Orte erwähnt.

Apparate. Für die unten beschriebenen Erscheinungen (und andere, die ein kräftiges magnetisches Feld voraussetzen) verwende ich einen II-förmigen Elektromagneten mit gegeneinander verschiebbaren Schenkeln, deren Eisenkerne 5 cm Durchmesser und 25 cm Länge haben. Fig. 1 a ist der Aufrifs, b Grundrifs, c Seitenrifs des Apparates in  $\frac{3}{40}$  der nat. Gr.; abgesehen von den Drahtspulen sind die schraffierten Apparateile aus Eisen, die weißgelassenen aus Holz, die Schleiffedern (Fig. 1 a und c) aus Kupfer. Die Spulen aus

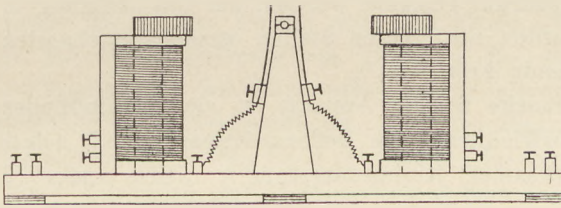


Fig. 1 a.

je 1000 Windungen eines 2 mm starken Cu-Drahtes können von den Eisenkernen abgehoben werden, wenn auf diese nicht größere Polschuhe aufgesetzt sind. Die Eisenkerne sind aufgeschraubt auf dicke, prismatische Eisenplatten, welche zwischen

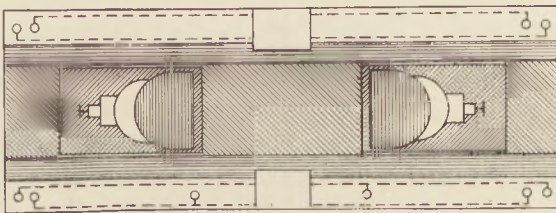


Fig. 1 b.

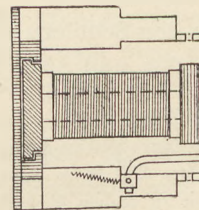


Fig. 1 c.

U. XII.

Eisenschienen verschiebbar sind, die mit einigen eisernen Querstangen und Holzleisten zusammen ein „Grundbrett“ für den Elektromagneten liefern. Dieses gestattet, die Magnetschenkel innerhalb weiter Grenzen in beliebiger Entfernung von einander festzustellen. Auf die Eisenkerne können verschieden geformte Polschuhe aufgeschraubt werden. Die oberen hölzernen Längsleisten des Grundbrettes tragen eingelegte Messingstreifen für die Stromleitung (in der Figur gestrichelt), die Leiste auf der einen Seite für die Leitung des Batteriestroms zur Speisung der Magnetspulen, die auf der anderen für die des Induktionsstroms. In der Mitte dieser Holzleisten können Achsenlager für rotierende Apparate festgeschraubt werden; das der einen Seite trägt ein Paar Schleiffedern aus Kupferblech, die mit den zum Galvanoskop führenden eingelegten Messingstreifen in Verbindung gesetzt werden<sup>1)</sup>. Die Leitung des Batteriestroms wird natürlich mit Schlüssel versehen.

Zwei kleine Apparate, deren Beschreibung hier eingefügt werden soll, sind Spulen für Gleich- und Wechselstrom in folgender, möglichst einfacher Form. Ein starker Draht aus Kupfer oder Messing bildet drei Seiten eines Rechtecks von den Dimensionen 16/10 cm (Fig. 2). An der Stelle der vierten Rechteckseite ist der

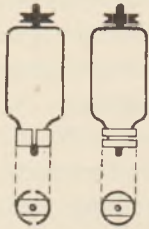


Fig. 2.

Kollektor. Bei der einen Spule (Gleichstrom) besteht dieser aus zwei von einander isolierten Messinghalbringen, bei der anderen (Wechselstrom) aus zwei nebeneinander liegenden, von einander isolierten, vollständigen Ringen. Diese Kollektorringe bzw. Halbringe (6 cm Durchmesser) sind auf ein entsprechend geformtes, cylindrisches Holzstück geschraubt, welches auch zur Befestigung des Achsenstückes auf dieser Seite der Spule dient, während das auf der anderen Seite, dem Kollektor gegenüber, am Spulendraht angelötet ist. Dieses letztere Achsenstück trägt eine Rolle mit Rinne für eine Schnurübersetzung. Die Enden des Drahtrechtecks sind mit je einem der Ringe bzw. Halbringe in Kontakt. — Will man stärkere Induktionsströme oder sollen die Versuche auch gelingen mit schwachem Magnetfeld, so kann die Spule aus gewöhnlichem, umsponnenem Leitungsdraht gemacht werden, der das Rechteck in etwa 10 bis 20 Lagen bildet; diese werden an einigen Stellen zusammengebunden, das Rechteck erhält dadurch hinreichende Festigkeit<sup>2)</sup>.

Ein weiterer für unsere Versuche nötiger Apparat ist ein empfindliches Galvanoskop. Es bewährte sich befriedigend ein Reflexgalvanoskop mit astatischem Nadelpaar und (leider wenig wirksamer) Kupferdämpfung<sup>3)</sup>. Jedes andere Reflexgalvanoskop von etwa gleichem Preis wird wohl für die folgenden Versuche ebenso gut verwendbar sein.

Das Galvanoskop *G* (Fig. 3) steht bei den Versuchen auf einem Wandbrett *W*, das an der den Schülern gegenüberliegenden Zimmerwand in etwa 170 cm Höhe über dem Fußboden und zwar in der Nähe der Wand zur Linken der Schüler, d. h. also

<sup>1)</sup> Der hier beschriebene Apparat wurde von der Firma C. Sickler in Karlsruhe hergestellt und kostet etwa 250 M. je nach Ausführung und je nach der Anzahl der beigegebenen Polschuhe. — Weniger hoch zu stehen kommt der Elektromagnet, welcher von E. Grimsehl in *dieser Zeitschr. VI 240* beschrieben ist. Dieser Apparat eignet sich wohl auch für alle unten angegebenen Versuche. Auch die in jener Arbeit beschriebenen und abgebildeten Spulen in etwas anderer Ausführung sind im Preise wesentlich niedriger als die hier angegebenen.

<sup>2)</sup> Die beiden einfachen Spulen kosten bei der Firma C. Sickler in Karlsruhe zusammen 30 M., die zwei anderen mit mehreren Drahtlagen zusammen 40 M.

<sup>3)</sup> Von der Firma Heinr. Bock, mech. Werkstätte, Frankfurt a. M. für 90 M. geliefert.

in der Nähe der Fensterwand  $Fw$ , befestigt ist<sup>4)</sup>. Als Lichtquelle dient ein Gasglühlicht  $L$ , dessen Glascylinder umgeben ist von einem Cylinder aus Messingblech mit einem 40 mm hohen und  $2\frac{1}{2}$  mm breiten Spalt in der Höhe des hellsten Lichtes. Das vom Galvanoskopspiegel reflektierte Licht wird in der Richtung gegen die Schüler hin geworfen und von einem Pauspapierschirm  $S$  aufgefangen, auf welchem die im Galvanoskopmantel sitzende Linse ein scharfes, 12 mm breites Bild des Lichtspaltes im Blechcylinder entwirft. Der Pauspapierschirm ist auf folgende Weise hergestellt: ein rechteckiges Stück starker Pappe von 110/25 cm erhält einen ebensolchen Ausschnitt von 90/8 cm, der mit Pauspapier überdeckt wird. Die eine Längsseite eines länglichen, kräftigen Brettes  $B$ , die einen Kreisbogen von etwa 60 cm Radius bildet, versteift den Pappdeckel, dessen unterer Längsrand an der kreisbogenförmig geschnittenen Stirnseite des Brettes festgenagelt wird. Aufrechtstehende Brettchen an den Enden von  $B$  schützen  $S$  vor Verbiegung. Auf dem Pauspapier des Schirms werden einige kräftige Skalastriche gezeichnet. — Die Lichtmarke auf diesem Schirm sieht man sehr gut von allen Plätzen des Zimmers, wenn die dem Schirm gegenüberstehenden, also im Rücken der Schüler

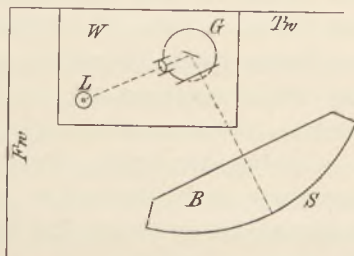


Fig. 3.

befindlichen Fenster verdunkelt werden. Höchstens das Licht des dem Wandbrett zunächst gelegenen Fensters ist noch abzuhalten, wenn dieses Fenster nahe der Zimmerecke liegt; ein stärkeres Verdunkeln des Zimmers ist ganz unnötig. — Die Drahtspule des Galvanoskops steht durch eine festliegende Drahtleitung mit zwei den Schülern sichtbaren, nebeneinander befindlichen Klemmen des Experimentierisches in Verbindung, welche im folgenden kurz Galvanoskopklemmen heißen mögen.

Vorbereitende Versuche. Zunächst zeigt man, daß der den Elektromagneten erregende Strom (6–10 Volt) so durch die beiden Spulen kreist, daß der eine Pol, setzen wir ein für allemal fest, der für die Schüler rechts stehende<sup>5)</sup>, Nordpol, der andere Südpol ist. Ferner wird mit Hülfe eines kleinen, aus schmalen Blechstreifen gebildeten galvanischen Elements  $Zn | \text{Brunnenwasser} | Cu$  ein Strom bekannter Richtung in die Galvanoskopleitung geschickt und dadurch gezeigt, daß die Drahtverbindung so hergestellt ist, daß das Eintreten eines positiven Stroms in die rechtsstehende der beiden oben erwähnten „Galvanoskopklemmen“ am Experimentiertisch einen Ausschlag der Lichtmarke auf dem Pauspapierschirm nach rechts hervorbringt. Dadurch ist man bei den Versuchen in den Stand gesetzt, aus der Richtung des Ausschlags der Lichtmarke auf die Richtung des Stroms zu schließen.

Fundamentalversuche der Induktion. Für die grundlegenden Versuche der Induktion, bei denen vorausgesetzt ist, daß das Elementarste über magnetische Kraftlinien den Schülern bekannt ist, werden die Elektromagnetschenkel, mit D-förmigen Polschuhen versehen, einander möglichst genähert, die Achsenlager für rotierende Apparate weggenommen und die beiden Galvanoskopklemmen am Experimentiertisch durch einen langen, umsponnenen Draht verbunden. Diesen faßt man mit beiden Händen, so daß zwischen den letzteren ein etwa 50 cm langes Stück normal zur Verbindungsgeraden der Pole ausgespannt ist, und fährt mit dem Draht, die Kraftlinien

<sup>4)</sup> Sollte die Fensterwand je zur Rechten der Schüler liegen, so wird das Wandbrett in der Nähe der Zimmerecke rechts vorn angebracht.

<sup>5)</sup> Die Ausdrücke „rechts“, „links“ gelten im folgenden immer für einen Beschauer, der von den Plätzen der Schüler aus den Apparat betrachtet.

zwischen den beiden Polen schneidend, abwärts. Der Ausschlag der Lichtmarke zeigt, daß der Induktionsstrom in dem geraden Drahtstück die Richtung von den Schülern gegen die Schultafel hin hat (man beachte die oben gemachten Voraussetzungen). Bei der Bewegung des Drahtes nach oben zeigt der Ausschlag am Galvanoskop die entgegengesetzte Richtung des jetzt entstehenden Induktionsstroms an. Hat man noch die Richtung der induzierten Ströme beobachtet, die entstehen, wenn der Draht links vom Südpol und rechts vom Nordpol abwärts bzw. aufwärts geführt wird, so kann dann die Regel eingefügt werden, welche die Bestimmung der Stromrichtung im voraus ermöglicht.

Ändert man die Lage des Drahts im magnetischen Feld in zuckender Bewegung nur wenig, so folgt die Lichtmarke deutlich den Bewegungen. — Sofort erkennt man bei diesen ersten Versuchen und einigen Abänderungen derselben, daß die Stärke des Induktionsstroms mit der Zahl der in der Sekunde geschnittenen Kraftlinien zunimmt, der Strom also umso stärker ist, je kräftiger das magnetische Feld ist und je schneller der Draht bewegt wird. Hier oder bei einem der folgenden Versuche bietet sich auch Gelegenheit, zu zeigen, daß die Intensität des Induktionsstroms um so größer ist, je länger das Drahtstück genommen wird, welches am Schneiden der Kraftlinien beteiligt ist.

Legt man den mittleren Teil des Drahtstückes in eine U-förmige Schleife und bewegt diese so durch das magnetische Feld, daß beide Zweige der Schleife gleichzeitig, immer in derselben horizontalen Ebene liegend, die Kraftlinien schneiden, so zeigt das Galvanoskop keinen Induktionsstrom an, während ein solcher entsteht, wenn die Schleife so abwärts bewegt wird, daß sie dabei den einen Magnetschenkel umgiebt. Ebenso ist auch ein Induktionsstrom zu beobachten, d. h. die in den zwei Zweigen der Schleife entstehenden Induktionsströme vernichten sich nicht, wenn die Schleife im magnetischen Feld um ihre Symmetrieachse gedreht wird, wobei diese Achse normal zur Verbindungsgeraden der Pole steht. — Die für den Schüler nicht schwierigen Erklärungen, warum in zweien der hier angeführten Fälle ein Strom entsteht, in dem dritten nicht, übergehe ich hier.

Man setzt nun die Achsenlager auf das Grundbrett der Elektromagnete und wiederholt den letzten der eben erwähnten Versuche mit den Spulen (Drahtrechtecken) für Gleich- und Wechselstrom (Fig. 2). Die langen Seiten derselben schneiden bei der Drehung der Spulen die Kraftlinien, und zwar hat der Induktionsstrom die größte Stärke, wenn das Rechteck durch die horizontale Lage geht. Ist die Umdrehungsrichtung der Spule, vom Schüler aus gesehen, entgegengesetzt der Uhrzeigerbewegung, so hat der Induktionsstrom im Drahtrechteck beim Passieren der horizontalen Lage von oben gesehen Uhrzeigerichtung, denn in dem dem Südpole benachbarten Drahtstück ist er von den Schülern weg (dieser Draht bewegt sich abwärts!), im anderen, der sich aufwärts bewegt, gegen die Schüler hin gerichtet. Es ist nötig, im Unterrichte folgendes hervorzuheben: Die oben angegebene Richtung des Induktionsstroms im Drahtviereck beim Passieren der horizontalen Lage ist (bei gleicher Drehungsrichtung der Spule) immer dieselbe, mag die eine der beiden Längsseiten des Rechtecks oder die andere am Nordpol vorübergehen, mag das Viereck mit dem einen oder mit dem anderen Kollektor versehen sein; aber die Richtung, in welcher dieser Induktionsstrom in die äußere Leitung, hier die bei den Schleiffedern beginnende Galvanoskopleitung, geschickt wird, hängt von der Einrichtung des Kollektors ab. Bei dem einen Viereck mit zwei Halbringen als Kollektor ist die Richtung des Stroms in der äußeren Leitung immer dieselbe (Gleichstromspule), bei dem anderen

wechselt sie nach jeder  $180^\circ$ -Drehung (Wechselstromspule). Dreht man die letztere rascher und gleichmäßiger, als es mit der Hand möglich ist, mit Hilfe einer Schwungmaschine und Schnurübersetzung, so schwankt die Lichtmarke im Tempo der Spulenumdrehungen hin und her — eine Versinnbildlichung des Wechselstroms, wie sie kaum anschaulicher hergestellt werden kann.

Weitere Versuche und Erläuterungen. Nach den oben beschriebenen Fundamentalversuchen wird die Wirkungsweise der meist angewendeten Spulen (Anker) der elektrischen Maschinen (vorerst wird nur von der magnetelektrischen Maschine gesprochen!) mit Hilfe von übersichtlich gebauten Modellen und genügend großen, schematischen Zeichnungen erläutert. Ich halte es für genügend, wenn von den drei bekannteren Spulen der Gleichstrommaschinen, dem T-Anker, dem Trommel- und dem Ringanker, nur einer, etwa der letztere, eingehender in Betracht gezogen wird. In unmittelbarem Anschluß hieran kann man die wesentlichen Punkte, in denen magnetelektrische und Dynamomaschinen sich unterscheiden, leicht zum Verständnis bringen, weshalb an dieser Stelle, ehe eine typische Wechselstrommaschine betrachtet wird, zweckmäßig die Erläuterung des Dynamoprinzipes eingefügt wird. Es ist hier auch auf die Unterschiede hinzuweisen, die beide Arten von Maschinen in der Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft vom äußeren Widerstand und in ihrem Verhalten beim Rückwärtsdrehen des Ankers zeigen. Den Schluß, daß die Dynamomaschine im Gegensatze zur magnetelektrischen bei umgekehrtem Drehungssinn des Ankers stromlos bleibt, finden die Schüler bei einigen Andeutungen leicht selbst. Der entsprechende Versuch ist heute nur noch mit Maschinen in kleinerer Ausführung möglich, da die Bürsten der modernen größeren Schuldynamos ein Rückwärtsdrehen des Ankers nicht gestatten, kleine Modelle aber nur so schwachen Strom liefern, daß ihre Elektromagnete nicht genügend erregt werden, so daß sie beim Umkehren der Drehungsrichtung des Ankers infolge des remanenten Magnetismus das Verhalten der magnetelektrischen Maschinen zeigen. Letzteres läßt sich unter Anwendung eines kleinen Modells schon mit einem empfindlichen Vertikalgalvanoskop experimentell nachweisen.

Die oben erwähnte Abhängigkeit der elektromotorischen Kraft der Dynamomaschine vom äußeren Widerstande führt dann zur Erläuterung der drei üblichen „Schaltungen“ der Maschine, der Serien-, Nebenschluß- und Compound-Schaltung, und der durch diese verschiedenen Wickelungen bedingten Unterschiede in der Wirkungsweise der Maschinen. Hierbei wäre namentlich auch zu erwähnen das verschiedene Verhalten bei Kurzschluß, beim Unterbrechen der äußeren Leitung und beim Laden einer Akkumulatorenbatterie im Falle der Unterbrechung des Maschinenstroms. Für diese Erläuterungen, die nicht viel Zeit in Anspruch nehmen, da die mehr ins Gebiet der Elektrotechnik gehörenden Partien keine Hauptaufgabe des Physikunterrichts ausmachen und deshalb nur kurz berührt werden, genügen große, halbschematische Zeichnungen.

Es folgt dann die Beschreibung einer Wechselstrommaschine und ihrer Wirkungsweise, wofür ebenfalls eine übersichtliche, halbschematische Zeichnung genügt. Ist man im Besitz übersichtlich gebauter Modelle und großer Zeichnungen zur Erläuterung mehrphasiger Wechselströme, so wird die Besprechung dieser, wenn die Zeit hierzu ausreicht, an dieser Stelle angefügt.

Am Schlusse dieses ersten Teiles unserer Skizze mag noch erwähnt werden, daß es nötig ist, im Unterrichte darauf aufmerksam zu machen und zu zeigen, daß bei den ersten Induktionsversuchen mit dem langen, die Galvanoskopklemmen ver-

bindenden Draht auch ein Induktionsstrom entsteht, wenn der induzierte Leiter festliegt und das magnetische Feld bewegt wird; ebenso, daß es sich sehr empfiehlt, den Induktionsstrom durch Schneiden der Kraftlinien eines Stahlmagnets mit jenem Draht auch einmal hervorzurufen; der hierbei entstehende Strom ist schwach, aber mit einem Reflexgalvanoskop leicht erkennbar. Ferner muß an jener Stelle das Verständnis des Ruhmkorffschen Induktionsapparates durch folgenden Versuch vorbereitet werden. Wird ein Teil des eben erwähnten Drahtes mittels zweier Stative normal zur Verbindungsgeraden der Pole im magnetischen Felde ausgespannt, so entstehen beim Erregen und Verschwinden des Magnetismus der Feldmagnete Induktionsströme von entgegengesetzten Richtungen (Erklärung). — Mit Bezug auf die hier nachträglich angedeuteten Versuche sei nochmals daran erinnert, daß im vorstehenden nur der Unterrichtsgang angedeutet und eine Reihe von Versuchen in methodischer Aufeinanderfolge gegeben werden sollte, und deshalb manche Einzelheiten, um die Darstellung nicht zu unterbrechen, unerwähnt blieben<sup>6)</sup>.

## II.

Es ist bis dahin nicht gesprochen worden von der Energieverwandlung, welche beim Hervorrufen der Ströme durch Magnetinduktion stattfindet. Dies sei der Gegenstand dieses II. Abschnittes.

Man knüpft an die Energieverwandlungen an, welche beim Hervorrufen statischer und galvanischer Elektrizität stattfinden, und führt den Schüler durch den Hinweis auf die Arbeitsleistung, welche erforderlich ist zum Treiben einer Dynamomaschine, darauf, daß die elektrische Energie, welche uns in Form der durch Magnetinduktion erzeugten Ströme entgegentritt, durch Umwandlung mechanischer Arbeit entsteht. An das Aussprechen des Lenz'schen Satzes in einer möglichst anschaulichen Form: — „Wird ein geschlossener Draht in einem Magnetfeld so bewegt, daß ein Induktionsstrom entsteht, so tritt zwischen diesem und dem Magnetfeld eine Kraft

auf, welche der Bewegung des Drahtes entgegenarbeitet“ — schließt sich die Betrachtung an, welche den Satz als notwendige Folgerung aus dem Prinzip der Unveränderlichkeit der Energie erläutert.

Besitzt man eine Dynamomaschine, so kann der experimentelle Nachweis des Lenz'schen Satzes geführt werden, indem man die Maschine bei offener äußerer Leitung in Gang setzt, kurze Zeit gleichmäßig umdreht und dann kurz schließt: die aufzuwendende mechanische Arbeit ist für den Drehenden sehr fühlbar. — Zum gleichen Nachweis dient, wenn eine Dynamomaschine nicht zur Verfügung steht, folgender Versuch (Fig. 4).

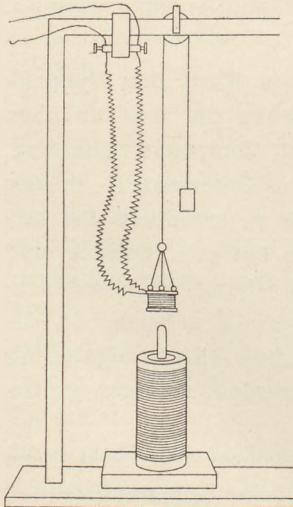


Fig. 4.

Auf den Eisenkern der einen Spule unseres Elektromagnets wird ein vertikal stehender, cylindrischer Polschuh von 7 cm Höhe und 1,8 cm Dicke aufgesetzt und dieser eine Teil des Magnets mit der eisernen Fußplatte auf das Grundbrett des in Weinholds Demonstrationen (2. Aufl., Fig. 27) abgebildeten Rahmenstativs gestellt, an dessen horizontalem Balken eine Rolle, etwa die ebenda in Fig. 62 A dargestellte, befestigt wird. An der über die Rolle gelegten Schnur

<sup>6)</sup> Es sei hier auch auf die früher in dieser Zeitschrift veröffentlichten Aufsätze von E. Grimsehl (VI 240) und P. Szymański (VII 10, VIII 339) hingewiesen.

wird die a. a. O. in Fig. 481 abgebildete Spule aufgehängt, so daß die cylindrische Höhlung derselben vertikal steht, und ihr Gewicht durch ein Gegengewicht ausgeglichen. Von den zwei Klemmen der Spule führen dünne, elastische Kupferdrahtspiralen, welche die vertikale Bewegung der Spule nicht hindern, zu dem horizontalen Stativbalken, von wo aus starke Leitungsdrähte zu einem Vertikalgalvanoskop gelegt sind. Führt man mit der Hand die Spule auf- und abwärts, so hat man, wenn der Feldmagnet nicht erregt ist, nur den Reibungswiderstand zu überwinden; den größeren Widerstand, welcher sich der raschen Bewegung der Spule bei kräftig erregtem Feldmagnetismus entgegenstellt, ist leicht wahrzunehmen. — Man verzichtet übrigens bei diesem Versuch zweckmäßiger Weise auf die Demonstration des Induktionsstroms mit dem Galvanoskop, umsomehr als einer der unten folgenden Versuche den Induktionsstrom bei gleicher Versuchsanordnung zeigt, und verbindet besser die beiden Klemmen der Spule durch ein kurzes Drahtstück. — Der Nachweis der der Bewegung des induzierten Drahtes entgegenarbeitenden Kraft ist bei diesem Versuche wie auch bei Verwendung einer Dynamomaschine freilich nur für den geführt, der die Spule bewegt, so daß man es nicht wird umgehen können, mehreren Schülern Gelegenheit zum Anstellen des kurz dauernden Versuches zu geben; es ist mir aber kein für die Schule geeigneter Versuch bekannt, mit dem diese Schwierigkeit umgangen werden könnte.

Hier ist die geeignete Stelle zur Erläuterung des Prinzips der elektrischen Motoren. Der Schüler sieht ohne weiteres ein, daß die Kraft, welche zwischen einem Magnetfeld und dem Induktionsstrom auftritt, der in einer in diesem Feld bewegten Spule entsteht, und welche der Bewegung der Spule entgegenarbeitet, auch auftreten muß zwischen dem Magnetfeld und einem von außen in die Spule geschickten Strom und daß die Spule unter der Wirkung dieser Kraft in Bewegung kommen muß. Den Schluß, den wir aus dieser Überlegung ziehen und dessen experimenteller Nachweis nun folgt, fassen wir in die Worte zusammen: Bewegen wir einen geschlossenen Draht (Spule) in einem Magnetfelde, sodafs in dem Draht ein Induktionsstrom entsteht, so tritt zwischen dem Magnetfeld und dem Strom eine Kraft auf, welche die Bewegung des Drahts hemmt, ihn also in entgegengesetzter Richtung zu bewegen sucht; schicken wir durch den Draht von außen einen Strom von gleicher Richtung wie der eben entstandene Induktionsstrom, so bewegt jene nun ebenfalls auftretende Kraft den Draht in einer Richtung, die entgegengesetzt ist der Bewegung, durch welche der Induktionsstrom entstand.

Zum Versuch wählen wir wieder die Versuchsanordnung der Fig. 4. Der Elektromagnet (Feldmagnet) wird durch einen Batteriestrom, dessen Leitung natürlich auch mit Schlüssel versehen ist, erregt; es ist für den Versuch unwesentlich, ob der Polschuh N- oder S-Magnetismus hat. Die von der Spule zum Galvanoskop führende Leitung wird an zwei Stellen in je zwei Paralleldrähte verzweigt. An der einen Stelle (vgl. nebenstehende Fig. 5) wird in den einen der Verzweigungsdrähte ein kräftiges Element  $E$  und ein Schlüssel  $S$ , in den anderen ein Schlüssel  $S'$  eingeschaltet; die andere Verzweigung besteht in einer Parallelschaltung des Vertikalgalvanoskops  $G$  und eines Rheostats  $R$ ). Das Element  $E$  wird erst so eingeschaltet, daß sein Strom in der Leitung gleiche Richtung hat wie der durch Abwärtsbewegung der Spule entstehende Induktionsstrom. Schlüssel  $S$  wird

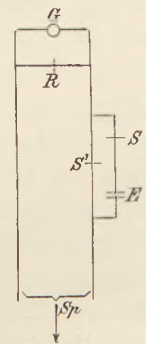


Fig. 5.

7) Die im Schema angedeutete Drahtverbindung mit Schlüsseln und Klemmen zur Verbindung von  $E$ ,  $G$  und  $R$  mit der Leitung montiert man der rascheren Versuchsvorbereitung wegen am besten ein für allemal auf einem Brettchen.

geöffnet,  $S'$  geschlossen und die Zweigleitung bei  $R$  unterbrochen<sup>8)</sup>. Die Spule wird mit der Hand rasch abwärts bewegt, das Galvanoskop zeigt die Richtung des Induktionsstroms an. Darauf wird von  $R$  ein nach der Empfindlichkeit von  $G$  sich richtender, kleiner Widerstand eingeschaltet und  $S'$  geöffnet; sobald dann durch Schließen von  $S$  der Strom des Elements  $E$  zu kreisen beginnt, bewegt sich die den cylindrischen Polschuh umgebende Spule nach oben;  $G$  zeigt dabei an, daß die Richtung des Elementenstroms mit der des vorher entstandenen Induktionsstroms übereinstimmt. Es folgt der entsprechende Versuch: Nachweis des Induktionsstroms bei der Aufwärtsbewegung der Spule und Abwärtsbewegung derselben durch den Elementenstrom, der diesem Induktionsstrom gleichgerichtet ist. Mit diesen Versuchen verbindet man natürlich den Nachweis der analogen Erscheinungen: Schickt man durch die Spule einen Strom, dessen Richtung entgegengesetzt ist der Richtung des Induktionsstroms, der bei einer bestimmten Bewegung der Spule entsteht, so stimmt die letztere überein mit der durch den Elementenstrom verursachten. — Schaltet man, was auch bei den vorigen Versuchen zweckmäßig ist, in die Leitung, welche das Element  $E$  mit der den Schlüssel  $S$  enthaltenden Zweigleitung verbindet, einen Kommutator ein ( $S$  geschlossen,  $S'$  offen), so bewegt sich die Spule im Tempo des Stromwechsels auf und ab.

Hieran reihen sich die Demonstrationen an, welche die Verwendung der stromerzeugenden Maschinen (Generatoren) mit T-, Trommel- und Ringanker als Elektromotoren (Receptoren) erläutern. Für diese Versuche eignen sich die kleinen Elektromotoren mit T-Anker im Preise von 20 bis 30 M., welche in verschiedenen Formen in allen größeren Geschäften zu erhalten sind (z. B. Preisverzeichnis der Leipziger Lehrmittelanstalt, Fig. 217, S. 297), und von Maschinchen mit Ring- und Trommelanker die in Weinholds Demonstrationen, Fig. 505 und 512 abgebildeten. Ich will hier noch anführen, daß das ersterwähnte Maschinchen unbelastet läuft, wenn die Klemmenspannung des treibenden Stroms etwa 3 Volt beträgt (Stromstärke bei dem untersuchten Modell 1 Amp.), daß das erwähnte Ringankermodell unbelastet etwa 2,5 Volt bei 4 Amp. Stromstärke und das Trommelankermaschinchen 1,5 Volt bei 9 Amp. Stromstärke erfordert.

Die Leitungsdrähte des in Fig. 5 skizzierten Schemas werden bei diesen Versuchen statt zur Spule  $Sp$  zu den Klemmen des Motors geführt und der Anker desselben, während  $S$  geöffnet,  $S'$  geschlossen und die Leitung bei  $R$  unterbrochen ist, mit der Hand in einer bestimmten Richtung in rasche Umdrehung versetzt;  $G$  giebt die Richtung des Induktionsstroms an. Darauf wird durch Schließen von  $S$  und Öffnen von  $S'$  der Strom des Elements, bezw. der Batterie  $E$  in umgekehrter Richtung in den Motor geschickt ( $G$  zeigt bei unserer Versuchsanordnung auch die Richtung des Batteriestroms an), nachdem bei  $R$  ein zweckmäßiger kleiner Widerstand eingeschaltet oder direkte Verbindung hergestellt worden ohne Einschalten eines Widerstandes von  $R$  (wenn  $G$  ziemlich empfindlich). Der Anker des Motors rotiert dann in derselben Richtung, wie er vorher beim Hervorrufen des Induktionsstroms mit der Hand umgedreht wurde. Es ist zweckmäßig, bei diesen Versuchen mit den drei Maschinenmodellen, mit dem Trommelanker-Modell zu beginnen, weil dieses einen dauernden Stahlmagneten hat, beziehungsweise, wenn man andere Modelle als die oben erwähnten für die Versuche verwendet, den Versuch mit einem Maschinchen mit Stahlmagnet voranzustellen, einerlei, mit welchem Anker dieses versehen ist. Der Grund hiervon liegt darin, daß dann die ersten mit einem Motor angestellten

<sup>8)</sup> Bei genügender Empfindlichkeit von  $G$  kann auch ein gewisser Widerstand von  $R$  eingeschaltet werden.



Versuche analog den vorher mit der Spule angestellten verlaufen und die folgenden Versuche in übersichtlicher Weise sich anreihen.

Wiederholt man nämlich den eben angedeuteten Versuch, schickt aber den Batteriestrom in den Motor mit Stahlmagnet in derselben Richtung, welche der Induktionsstrom hat, so ist die Rotation des Ankers entgegengesetzt der durch die Hand bewirkten, bei welcher der Induktionsstrom entstand, während die Rotation des Ankers eines Dynamomaschinchens beim Umkehren des Batteriestroms unverändert bleibt, weil hier auch die Feldpole sich umkehren<sup>9)</sup>.

Verwendet man bei dieser Versuchsgruppe in Ermangelung eines genügend empfindlichen Vertikalgalvanoskops das Reflexgalvanoskop, so ist es immer erforderlich, auch in die zum Galvanoskop führende Leitung einen mit dem Galvanoskop in Serie geschalteten Rheostaten einzufügen. Es ist bei meinen Versuchen, wenn das Spiegelgalvanoskop verwendet und bei  $R$  direkte Verbindung hergestellt wird (Widerstand 0), das Einschalten eines Widerstands von etwa 200 Ohm in die Galvanoskopleitung nötig. Man achte wohl darauf, daß dies nicht unterlassen werde vor dem Schließen von  $S$ .

Die weiteren Erläuterungen über elektrische Motoren können darauf hinweisen, daß sowohl der Generator als der Receptor eine magnetelektrische, eine Dynamomaschine mit Normalschaltung oder eine solche mit Nebenschlusschaltung sein kann. Es genügen dafür Vergrößerungen der schematischen Zeichnungen in MÜLLER-PFAUNDLERS Lehrbuch, 9. Aufl., Band III, S. 810.

Das Kapitel der elektrischen Kraftübertragung, welches sich an die Besprechung der elektrischen Motoren anschließt, liegt unserem Thema etwas ferner. Ich will hier nur über drei nicht zusammengehörige Punkte kurze Bemerkungen einfügen: Bei der Demonstration der Kraftübertragung mit Gleichstrom kann durch das oben erwähnte Maschinchen mit T-Anker ein kleines Modell einer Arbeitsmaschine getrieben werden, wenn man über einen nur ganz mäßigen Strom verfügt. — Die Schwierigkeiten, welche bei Kraftübertragung durch einphasigen Wechselstrom auftreten, kann man, wenigstens im Prinzip, in einfacher Weise veranschaulichen, wenn man den Stromkreis eines Elements mit eingeschaltetem Kommutator durch ein einfaches Galvanoskop mit weithin sichtbarer Nadel schließt, die sich ganz umdrehen kann; nur bei richtigem Tempo des Stromwechsels kreist die Nadel. — Es ist wohl am zweckmäßigsten, heute den Ruhmkorffschen Induktionsapparat erst bei diesem Kapitel gelegentlich der Transformation von Wechselströmen zu besprechen.

Die Versuche über Telephonie werden sich, wenn man nicht den in dieser Zeitschr. II 133 beschriebenen Apparat von BOSSHARD zur Erläuterung der Wirkungsweise des Telephons besitzt, in den meisten Fällen darauf beschränken, daß man den Schülern Gelegenheit giebt, sich zwischen zwei weiter auseinander liegenden, durch Drahtleitung verbundenen Zimmern zu verständigen und sich von der Wirkung des Mikrophons zu überzeugen, das man mit Element und Telephon hintereinander

<sup>9)</sup> Bei den entsprechenden Versuchen mit der Spule wurde in diese immer erst ein Strom von gleicher Richtung wie der vorher durch Bewegung der Spule erzeugte Induktionsstrom geschickt und dadurch eine jener Bewegung entgegengesetzte Bewegung der Spule veranlaßt. Es geschah dies, weil ich beabsichtigte, mit jenen Versuchen das Prinzip der Motoren auf Grund des Lenz'schen Satzes zu demonstrieren, und m. E. die Versuche in der gewählten Reihenfolge dem oben gegebenen Wortlaut jenes Satzes sich am besten anpassen. Diese Reihenfolge konnte bei den weitergehenden Versuchen über elektrische Motoren mit dem magnetelektrischen und den Dynamomaschinchen wegen des erwähnten Verhaltens der Dynamomaschine nicht eingehalten werden.

in einen Stromkreis schaltet. Im übrigen reichen schematische Zeichnungen für die nötigen Erläuterungen aus.

Ich lasse hier noch einen sehr einfachen Versuch zur Demonstration der Dämpfung folgen und will zeigen, wie der aus den Hörsälen der Hochschulen bekannte und dort meist mit Apparaten in großen Dimensionen angestellte Versuch mit solchen in kleinerer Ausführung sicher gelingt. Eine Kupferscheibe von 8,5 cm Durchmesser und 0,8 cm Dicke wird mit vier etwa 75 cm langen, feinen Messingkettchen in dem Weinhold'schen Rahmenstativ in der

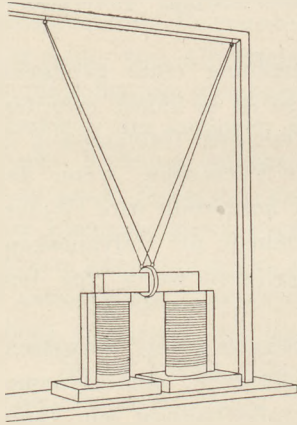


Fig. 6.

durch die Fig. 6 angedeuteten Weise aufgehängt, so daß sich die Scheibe in der Ruhelage zwischen prismatischen Polschuhen des großen Elektromagnets befindet, zwischen denen ein solcher Zwischenraum ist, daß die Scheibe bei ihren Pendelbewegungen nicht anstößt. Erregt man, während die Scheibe mit großer Amplitude pendelt, plötzlich die Feldpole, so wird die Kupferscheibe rasch festgehalten.

Was von dem Vorstehenden, das auch im Rahmen einer schulgemäßen Darstellung kein lückenloser Aufsatz über Magnetinduktion ist, ebensowenig die berührten Punkte erschöpfend behandelt, in den verschiedenen Schulgattungen oder in den einzelnen hier in Betracht kommenden Klassen derselben berücksichtigt werden kann, soll hier nicht erörtert werden. Zur Rechtfertigung der Ausdehnung aber, in welcher einzelne Parteien hier vorgetragen wurden, noch ein Wort: Durch die Elektrotechnik hat die Induktion eine Bedeutung erhalten, welche auch auf den Schulunterricht über dieses Gebiet nicht ohne Einfluß bleiben darf. Manche Dinge, die früher als wesentlich erschienen, können jetzt bei Seite darzustellen; anderes muß in den Unterricht eingefügt werden, was früher unbedenklich übergangen werden konnte, und es kann dies geschehen, ohne daß man dadurch im Unterricht nur dem Bedürfnis des praktischen Lebens genügt, es kann geschehen, indem man streng an den Grundsätzen festhält, welche für den physikalischen Unterricht jetzt maßgebend sind. Wenn ich in bezug auf diesen Punkt einige Anregung gegeben habe, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit erfüllt.

## Zur Bestimmung der Maximalgeschwindigkeit des Pendels.

Von

Dr. W. Elsässer in Charlottenburg.

Im Jahrgang VIII S. 37 ist von F. NIEMÖLLER eine Methode zur Bestimmung der Maximalgeschwindigkeit eines Pendels angegeben worden. Man findet hiernach den Geschwindigkeitswert auf indirektem Wege unter Hinzuziehung der Wurfgesetze. Direkter kommt man zum Ziel, wenn man den Quotienten  $ds/dt$  durch unmittelbare Messung zu bestimmen sucht. Nun kann zwar von einer Messung der Größen  $ds$  und  $dt$  keine Rede sein, wenn man aber in dem Quotienten  $\Delta s/\Delta t$ , aus welchem  $ds/dt$  hervorgeht, die Werte von  $\Delta s$  und  $\Delta t$  möglichst klein wählt, so wird, im besonderen im vorliegenden Falle, der auf diese Weise erhaltene Wert für die Geschwindigkeit nur um eine geringe Größe von  $ds/dt$  abweichen. Dieser Gedanke lag der folgenden Bestimmung zu Grunde. Die Größen  $\Delta s$  und  $\Delta t$  werden unmittelbar gemessen, für

Als wird im Maximum eine Länge von 1 mm gewählt und die zugehörige Zeit durch eine Stimmgabel von genau bekannter Schwingungszahl bestimmt. Ich wählte hierzu eine Normal-Gabel mit dem Tone  $a_1$ , die von der Phys.-Techn. Reichsanstalt mit dem Aichungsvermerk „870 Halbschwingungen“ versehen war. Ein schmales und kurzes Papierstreifen ist auf die Stirnfläche einer Gabelzinke aufgeklebt und trägt am Ende eine feine Nadelspitze; zur Erregung der Gabel dient ein auf die Breitseite aufgesetztes Streichstäbchen (ein Glasfaden mit Korkfuß). Diese Erregung verdient vor anderen insofern den Vorzug, als sich hierdurch Erschütterungen am leichtesten vermeiden lassen. Durch Vergleich mit einer nicht belasteten Gabel wurde festgestellt,

dafs durch Anbringung der Schreibspitze und des Streichstäbchens die Schwingungszahl auf 868 Halbschwingungen gesunken war. Die Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt. Eine schmale Holzlatte von etwa 2 m Länge dient als Pendelstange (s. Fig. 1) und ist mit einer Stahlachse oder einer Schneide versehen, die auf einem Stahllager ruht. Am oberen und unteren Ende sind Metallstifte eingelassen, auf denen, sowohl zur Beschwerung des Pendels wie auch zur Variierung der Schwingungszeit, Gewichtsstücke verschiebbar sind. Die Pendelstange wird umfaßt von einer beweglichen Holzklammer, die an beliebiger Stelle festgeschraubt werden kann. Auf der einen Seite trägt sie den Stiel der oben erwähnten Stimmgabel, während auf der anderen Seite ein Gegengewicht in Form eines schmalen Metallstreifens angebracht ist. Unter der Schreibspitze befindet sich ein dünner berufter Glasstreifen in Form eines Rechtecks, der von einem auf einem Nebentisch stehenden Stativ gehalten wird. Er wird so eingeklemmt, dafs die längere Kante horizontal steht, während die ganze Fläche etwas nach unten geneigt ist. Durch vorsichtiges Verschieben parallel der längeren Kante wird die Glasplatte so eingestellt, dafs die in Bewegung gesetzte Schreibspitze gerade über sie hinwegstreift, die Rufsfläche auf eine kurze Strecke durchschneidend. Berücksichtigt man nun, dafs beim Durchgang durch die Ruhelage die Geschwindigkeit sich nur langsam ändert, so darf man — unter Voraussetzung nicht zu geringer Entfernung von der Drehachse — auf einer Bogenstrecke von 1 mm Länge, die von der Ruhelage halbiert wird, die Geschwindigkeit als konstant ansehen, ohne einen erheblichen Fehler zu machen. Beispielsweise würde schon bei einer Entfernung von 35 cm von der Drehachse die Geschwindigkeit in den Endpunkten jenes mm von der maximalen Geschwindigkeit erst in der 3. oder 4. Dezimale abweichen, und noch geringer würde der Unterschied bei gröfserer Entfernung von der Drehachse sein. Man bestimmt nun die Ruhelage durch einen scharfen Strich auf der Rufsfläche, zieht das Pendel zur Seite und misst die Erhebung  $h_1$  (Fig. 2) des tiefsten Punktes (unter Benutzung einer mit der Libelle horizontal gestellten Holzlatte). Hieraus berechnet man die Erhebung  $h$  der Schreibspitze durch Multiplikation mit  $\rho/r$ , wo  $\rho$  und  $r$  die Entfernungen der Spitze und des tiefsten Punktes von der Drehachse bedeuten (in den Versuchen  $\rho = 35,2$ ;  $r = 121,8$  cm). Nach dem Durchbrennen des das Pendel in seitlicher Lage haltenden Fadens läfst man die Spitze einmal über die

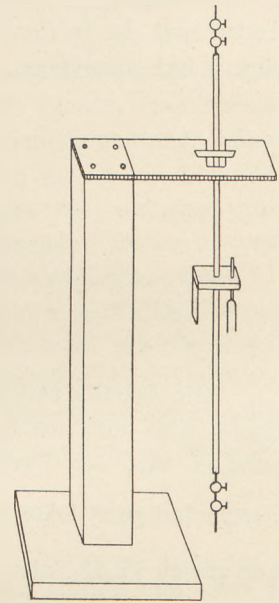


Fig. 1.

gesetzte Schreibspitze gerade über sie hinwegstreift, die Rufsfläche auf eine kurze Strecke durchschneidend. Berücksichtigt man nun, dafs beim Durchgang durch die Ruhelage die Geschwindigkeit sich nur langsam ändert, so darf man — unter Voraussetzung nicht zu geringer Entfernung von der Drehachse — auf einer Bogenstrecke von 1 mm Länge, die von der Ruhelage halbiert wird, die Geschwindigkeit als konstant ansehen, ohne einen erheblichen Fehler zu machen. Beispielsweise würde schon bei einer Entfernung von 35 cm von der Drehachse die Geschwindigkeit in den Endpunkten jenes mm von der maximalen Geschwindigkeit erst in der 3. oder 4. Dezimale abweichen, und noch geringer würde der Unterschied bei gröfserer Entfernung von der Drehachse sein. Man bestimmt nun die Ruhelage durch einen scharfen Strich auf der Rufsfläche, zieht das Pendel zur Seite und misst die Erhebung  $h_1$  (Fig. 2) des tiefsten Punktes (unter Benutzung einer mit der Libelle horizontal gestellten Holzlatte). Hieraus berechnet man die Erhebung  $h$  der Schreibspitze durch Multiplikation mit  $\rho/r$ , wo  $\rho$  und  $r$  die Entfernungen der Spitze und des tiefsten Punktes von der Drehachse bedeuten (in den Versuchen  $\rho = 35,2$ ;  $r = 121,8$  cm). Nach dem Durchbrennen des das Pendel in seitlicher Lage haltenden Fadens läfst man die Spitze einmal über die

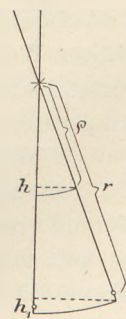


Fig. 2.

das Pendel in seitlicher Lage haltenden Fadens läfst man die Spitze einmal über die Glasplatte

streifen und bestimmt die Zahl der Halbwellen zwischen den um je  $\frac{1}{2}$  mm von der Marke entfernt liegenden Punkten. Beobachtet man z. B. 8 Halbwellen, so ist  $\Delta t = \frac{8}{868}$  sec und  $v = \frac{868}{8 \cdot 10}$  cm. Die Beobachtung geschieht mikroskopisch mit einem zugleich untergelegten mm-Maß, dessen Länge durchaus zuverlässig sein muß; besser ist es, durch eine Mikrometer-Teilung (ich benutzte ein in 20 gleiche Teile geteiltes mm) die Entfernung der beiden der Marke zunächst liegenden Umkehrpunkte, die sich mit großer Schärfe bestimmen lassen, festzustellen. Die folgende Tabelle zeigt die auf die beschriebene Weise bestimmten Werte der Maximalgeschwindigkeit  $v$  für verschiedene Erhebungen der Schreibspitze. Die Geschwindigkeiten und die in der ersten Vertikalreihe stehenden Erhebungen des tiefsten Punktes sind in cm angegeben.

| $h_1$ | Zahl der Halbw. auf 1 mm | $v$   |
|-------|--------------------------|-------|
| 1     | 9,1                      | 9,54  |
| 2     | 6,5                      | 13,35 |
| 3     | 5,3                      | 16,38 |
| 4     | 4,55                     | 19,07 |
| 5     | 4,1                      | 21,17 |

Die Tabelle zeigt zunächst, daß die Geschwindigkeiten proportional der Wurzel aus  $h_1$ , also auch aus  $h$ , sind. Bezeichnet man ferner die Entfernung des Schwingungspunktes von der Drehachse mit  $x$ , so ist unter sonst gleichen Verhältnissen seine Geschwindigkeit beim Passieren der Ruhelage  $\frac{v \cdot x}{\rho}$ , andererseits ist diese Geschwindigkeit gleich  $\sqrt{2gh_2}$ , also, da  $h_2 = \frac{h \cdot x}{\rho}$ ,

$$\frac{v x}{\rho} = \sqrt{2gh \frac{x}{\rho}}, \quad x = \frac{2g \cdot h \cdot \rho}{v^2}.$$

Für kleine Schwingungen ergibt sich aus  $t = \pi \sqrt{\frac{x}{g}}$

$$x = \frac{t^2 g}{\pi^2}, \quad \text{daher} \quad \frac{t^2 g}{\pi^2} = \frac{2g h \cdot \rho}{v^2} \quad \text{und}$$

$$t = \frac{\pi}{v} \sqrt{2 h \rho}.$$

Diese Formel wurde zur Kontrolle benutzt. Die unter Zugrundelegung der obigen Werte für  $v$  und  $h$  aus dieser Formel berechneten Werte von  $t$  ergaben im Mittel 1,494 sec. Durch Zählen mit der Uhr wurde festgestellt, daß, bei sehr kleinen Amplituden, in 2 Min.  $80\frac{1}{2}$  Schwingungen ausgeführt wurden, woraus  $t = 1,491$ .

Verschiebt man die Holzklemme mit der Stimmgabel nach unten, so wird sich die Schwingungsdauer des Pendels ändern. Richtet man es nun unter gleichzeitiger Veränderung der Gewichtsstücke so ein, daß das untere Ende der Stimmgabel nicht zu weit vom Schwingungspunkt entfernt ist, bestimmt sodann nach dem obigen Verfahren die genaue Lage des Schwingungspunktes, so ergibt sich eine direkte Bestätigung der Formel  $v = \sqrt{2gh}$ , indem man an eine Stimmgabelzinke einen schmalen Kartonstreifen anklebt, dessen Ebene mit der Schwingungsebene des Pendels zusammenfällt und welcher unten eine Spitze trägt, die sich genau im Schwingungspunkt befindet.

Schließlich sei erwähnt, daß man eine gute Beurteilung der relativen Bewegungszustände erhält, wenn man die Stimmgabelspitze während der ganzen Schwingungszeit des Pendels ihre Wellenlinie auf einer Rufsfläche beschreiben läßt; dies Verfahren ist im besonderen für Fallbewegungen von Lebourg und Bourbouze mit Erfolg in die Physik eingeführt worden (vgl. auch *O. Reichel*, d. Ztschr. II 265, V 14, 229).

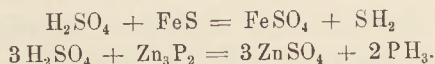
## Über gasförmigen Phosphorwasserstoff.

Von

Professor **Friedrich Brandstätter** in Pilsen.

In meinem Aufsatz: Über das Vermeiden von lästigen oder schädlichen Folgen bei chemischen Schulversuchen (ds. Zeitschr. XI 65) habe ich bereits eine zweckmäßige Versuchsanordnung zur Darstellung von selbstentzündlichem und nicht selbstentzündlichem Phosphorwasserstoff beschrieben. Über letzteren sollen im folgenden einige weitere Versuchsanordnungen dargelegt werden, welche die wichtigen und interessanten Eigenschaften des ebenso giftigen als übelriechenden Gases in vollkommen unschädlicher, nicht belästigender Weise dem Schüler vermitteln sollen.

Zur Darstellung von reinem Phosphorwasserstoff  $\text{PH}_3$  eignet sich die Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf Zinkphosphid schon deshalb mehr als die früher gebräuchliche des Kochens von alkoholischer Kalilauge mit Phosphor, weil sie jedenfalls viel einfacher ist und der chemische Prozeß analog der dem Schüler schon bekannten Bildung von Schwefelwasserstoff durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure auf Eisensulfid verläuft:



Der Prozeß geht schon bei gewöhnlicher Temperatur von statten und kann in einfacher Gasentwicklungsflasche ausgeführt werden. Zweckmäßig ist die Darstellung einer für alle Versuche vollkommen ausreichenden kleinen Menge aus etwa  $2\frac{1}{2}$ –3 g Zinkphosphid in einem als Entwicklungsgefäß dienenden größeren Probierglas von etwa 20 cm Länge und 25 mm Weite, das mit Trichter- und Gasableitungsrohr versehen ist. Das sich entwickelnde Gas wird entweder sofort in dem von mir bereits früher (IX. Jahrg., 4. Heft) beschriebenen, als kleiner Gasometer dienenden Knallgasapparate aufgefangen, oder man nimmt zu diesem Zwecke zwei  $\frac{1}{2}$  l fassende, unten seitlich tubulierte Flaschen, die mit den Tuben durch einen Schlauch in Verbindung stehen und von denen die mit Wasser gefüllte das Gas durch ein am Halse befestigtes Hahnrohr erhält, während die leere das verdrängte Wasser aufnimmt. Man erhält so bequem und schnell 350–400 ccm des Phosphorwasserstoffgases. Nun werden damit folgende Versuche ausgeführt:

1. Man füllt ein kleines Probierglas, das mit Wasser gefüllt, umgekehrt in einer kleinen pneumatischen Wanne steht, mit dem Gase. Sodann wird das Probierglas aus dem Wasser gehoben, wobei die Mündung aufwärts gekehrt wird, da die Dichte des Gases größer als die der Luft ist. Das Gas entzündet sich bei Berührung mit der Luft nicht, wohl aber, sobald man einen an seinem Ende mit roter, rauchender Salpetersäure befeuchteten Glasstab nähert. Es verbrennt mit helleuchtender Flamme, wobei sich der weiße Rauch von Phosphorpentoxyd und gleichzeitig am Probierglas ein Anflug von rotem Phosphor bildet: Unvollkommene Verbrennung des Gases, analog dem gleichen Versuche mit Schwefelwasserstoff, wobei sich bekanntlich der gelbe An-

flug von teilweise ausgeschiedenem Schwefel zeigt. Die Verbrennung des Gases nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch, während welcher man durch abwechselndes Auf- und Abwärtsneigen des Probierrglases Gelegenheit findet, die grössere Dichte des Gases im Verhältnis zu jener der Luft nachzuweisen; das Gas, durch die deutlich sichtbare Flamme scharf abgegrenzt, fließt, der Neigung folgend, stets in die tieferen Lagen des Probierrglases.

2. Man verbindet das Gasableitungsrohr des kleinen Gasometers mit einer vertikal gehaltenen, oben mit Platinspitze versehenen Glasröhre und entzündet den durch den Glashahn entsprechend regulierten, schwachen Gasstrom, wie vorhin, mittelst der rauchenden Salpetersäure. An das kleine, leuchtende und stark rauchende Flämmchen wird ein Porzellanscherven gehalten: Abscheidung von rotem Phosphor, analog der Abscheidung von Schwefel, bezw. Arsen bei ähnlicher Behandlung von Schwefel- oder Arsenwasserstoff. Wird der Hahn des Gasometers geschlossen und nach Erlöschen des Flämmchens wieder geöffnet, so entzündet sich auch der Phosphorwasserstoff sofort wieder, wahrscheinlich infolge der Berührung mit dem noch warmen Röhrenden, was auf die niedrige Entzündungstemperatur des Gases hindeutet. Dies Ablöschen und Selbstentflammen des Phosphorwasserstoffes kann durch das abwechselnde Schließen und Öffnen des Glashahnes beliebig oft wiederholt werden, wobei auch häufig genug die bekannten wirbelnden Rauchringe des Phosphorperoxyds auftreten.

3. Wird das Gasableitungsrohr des Gasometers durch einen Schlauch mit einem unten umgebogenen und hier mit kleinem Platin- oder Eisenblechansatz versehenen Glasrohr verbunden, so kann das am umgebogenen Ende angezündete Phosphorwasserstoffgas in einen mit Sauerstoff gefüllten Kolben oder Cylinder getaucht werden und verbrennt darin mit außerordentlich blendender Lichtentwicklung.

4. Man füllt ein Kelchglas zu  $\frac{1}{4}$  mit roter, rauchender Salpetersäure, stellt es in ein weites und hohes Becherglas und leitet mittelst eines Glasrohres einige Blasen des Gases langsam durch die Säure. Jede Blase entzündet sich und verbrennt unter schwacher, ganz ungefährlicher Verpuffung mit glänzendem Lichte, während sich eine rotbraune Wolke — Gemisch aus Phosphorperoxyd und Stickstoffperoxyd — oberhalb des Flüssigkeitsspiegels und des Reagierkelches ansammelt. Zweckmäßig wird das Becherglas während des Versuches mit einer Glasplatte bedeckt, um ein Herumspritzen der Säure und Belästigung durch die Dämpfe zu vermeiden. Wird der Phosphorwasserstoff bei gleicher Anordnung des Versuches in Chlorwasser geleitet, so entzündet sich ebenfalls jede Blase und verbrennt mit grünlich-weißem Lichte, während das grüngelbe Chlorwasser in die farblose Chlorwasserstofflösung umgewandelt wird, die dann auch etwas Phosphorsäure enthält. Mit Bromwasser ist mir eine Entzündung des Gases nicht gelungen, wiewohl die gegenseitige Zersetzung dadurch bekundet erscheint, daß Entfärbung des Bromwassers eintritt und sich in der Flüssigkeit Bromwasserstoff und Phosphorsäure nachweisen läßt.

5. Man leitet je einige Blasen des Gases in folgende Metallsalzlösungen, die in kleine Probierrgläser, etwa 3 cm hoch, gefüllt werden. In jedes derselben taucht ein oben rechtwinkelig gebogenes Glasrohr bis zum Boden und jedes der letzteren wird der Reihe nach mit dem Gasableitungsschlauch des Phosphorwasserstoffgasometers verbunden. Man beachte die dabei entstehenden charakteristischen Niederschläge im Vergleiche zu den mit Schwefelwasserstoff entstehenden Fällungen.

a) Silbernitrat: Schwarzer Niederschlag von Silberphosphid.

b) Mercuronitrat: Schwarzer Niederschlag von Merkuroposphid.

- c) Merkurichlorid: Orangegelber Niederschlag einer Doppelverbindung von Merkuriphosphid und Merkurichlorid. Die Fällungen b) und c) zeigen insofern Analogie mit den Fällungen der Quecksilbersalze durch Schwefelwasserstoff, als Merkurinitrat sofort schwarzes Merkurosulfid, das Merkurichlorid aber zuerst gelb bis braungefärbte Doppelverbindungen von Merkursulfid und Merkurichlorid und erst bei Überschufs an Schwefelwasserstoff schwarzes Merkursulfid entstehen läßt.
- d) Goldchlorid: Schwarzer Niederschlag von Phosphorgold und gleichzeitig reduciertem metallischem Gold.
- e) Platinchlorid: Brauner Niederschlag von Platinphosphid.
- f) Kupfersulfat: Die kalte Lösung giebt langsam, die heisse Lösung sofort einen schwarzen Niederschlag von Phosphorkupfer, während an der Probierrglaswand häufig ein prächtiger, metallglänzender Spiegelflug erscheint.
- g) Antimontrichlorid: Brauner Niederschlag von Antimonphosphid.
- h) Wismutnitrat: Schwarzer Niederschlag von Wismutphosphid unter Bildung eines metallglänzenden Anfluges am Probierrglase.

Blei-, Zinn- und Kadmiumsalsze, ebenso Arsenlösungen, die mit Schwefelwasserstoff so charakteristische Niederschläge geben, werden durch Phosphorwasserstoff nicht gefällt.

6. Dafs der Phosphorwasserstoff vom Wasser, wenn auch nur in geringem Mafse — die Abnahme des im Gasometer mit Wasser abgesperrten Gasvolumens ist eine fast unmerkliche — absorbiert wird, kann zum Schlusse dadurch nachgewiesen werden, dafs man nach Verbrauch der gesamten Gasmenge etwas von dem Absperrwasser in ein Probeglas laufen läßt und einige Tropfen Silbernitratlösung hinzufügt. Sofort tritt intensive Schwärzung infolge der Bildung von Silberphosphid ein. Die Absperrflüssigkeit reagiert ebenso empfindlich auf die Goldchloridlösung und in etwas schwächerem Grade auf die Merkurinitratlösung, nicht mehr aber auf die übrigen unter 5. angegebenen Metallsalzlösungen, wodurch die Empfindlichkeitsunterschiede in den genannten Fällungen angezeigt werden können. Die Reaktion von Phosphorwasserstoff auf Silber- und Goldsalze erweist sich am empfindlichsten, dann schließt sich die auf Merkurosalsze an und erst im weiteren Abstände die der Platin-, Merkur-, Wismut-, Antimon- und Kupfersalsze.

## Hydraulisches Modell der Wheatstoneschen Brücke.

Von

Dr. P. Spies in Berlin.

Um den Stromverlauf in der Wheatstoneschen Combination zu erläutern, habe ich zwei Apparate construiert, welche bei thunlichster Übereinstimmung in der allgemeinen Anordnung sich dadurch unterscheiden, dafs der eine mit einem elektrischen, der andere mit einem Wasserstrome betrieben wird.

Das hydraulische Modell (Fig. 1) weist als Widerstände vier Hähne *a*, *b*, *c*, *d* auf, deren Stellung wegen der an ihnen angebrachten grossen Griffe auch aus einiger Entfernung leicht erkennbar ist. Als stromanzeigendes Instrument dient entweder ein kleines Flügelrädchen oder ein Schwimmer. Der letztere besteht aus einem cylindrischen Körper von farbigem Glase, welcher teils mit Luft, teils mit Quecksilber gefüllt und so abgeglichen ist, dafs der Auftrieb im Wasser gerade gleich seinem Gewichte wird. Dieser Körper schwebt in dem mittleren senkrechten Rohre und hat nur einen sehr wenig kleineren Querschnitt als dieses; der geringste Überdruck von unten

oder oben treibt den Körper aufwärts bzw. abwärts. Dieser sehr empfindliche Stromindikator hat den Vorteil, sich leicht mit Säure etc. reinigen zu lassen. Zu beachten ist, daß nicht seine Stellung, sondern seine Bewegung Druckdifferenzen anzeigt.

Beim Gebrauche stellt man zuerst die vier Hähne in die gewünschte Stellung und öffnet dann den vorgelegten Haupthahn. Es läßt sich eine Bewegung des Schwimmers zeigen: 1. Wenn man die Hähne *a*, *d* öffnet und *b*, *c* schließt; der

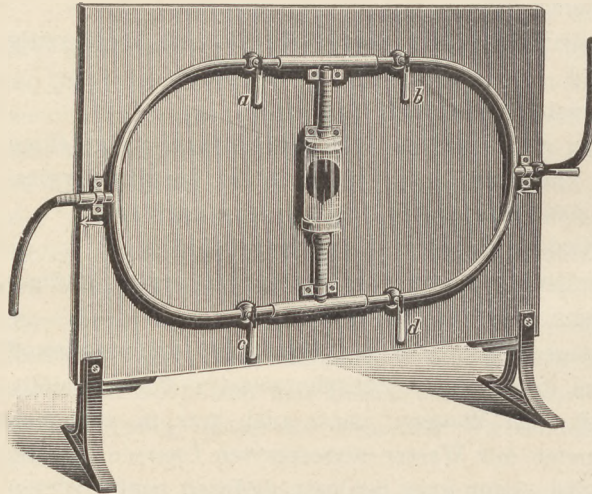


Fig. 1.

Strom läuft jetzt nur diagonal. 2. Wenn man nur *c* schließt; jetzt fließt nur ein Teil des Stromes durch die Diagonale. 3. Wenn man *b* und *d* teilweise schließt und zwar in verschiedenem Grade und dann *a* und *c* ebenfalls, nämlich *a* ebenso wie *b*, aber *c* mehr oder weniger als *d*. Der allgemeinste Fall, daß die vier Hahnstellungen sämtlich verschieden sind, läßt sich nicht klar kontrollieren.

Als Druck zum Betriebe des Apparates genügen bereits 50 cm Wassersäule.

Der elektrische Apparat (Fig. 2) weist vier ausschaltbare Glühlampen auf. Mit denselben lassen sich naturgemäß nur die Fälle 1 und 2 zeigen. Dabei erkennt man die Stromverteilung leicht an dem mehr oder weniger hellen Glühen der Lampen.

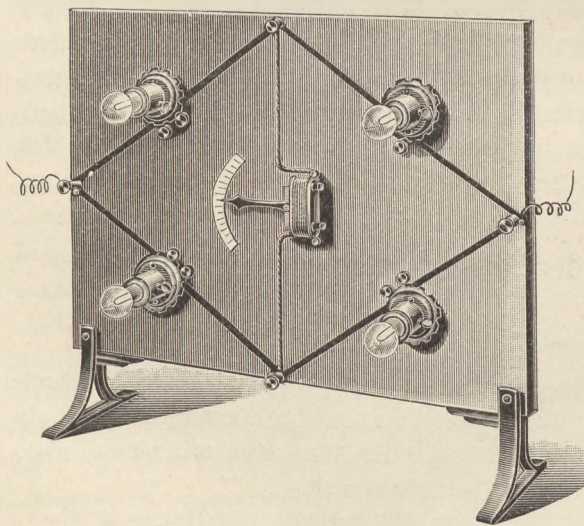


Fig. 2.

Das Galvanometer hat eine den bekannten Vertikalgalvanometern ähnliche Einrichtung. Neben jedem Pole der Glühlampen sitzt noch je eine Klemme zum Einschalten von Drähten statt der Lampen. Hält man sich für zwei Brückenweige einige abgepaßte Drähte von 1, 10 oder 100 Ohm und schaltet man in die dritte Leitung in üblicher Weise einen Rheostaten, so kann die Messung eines in die vierte Leitung eingeschalteten Widerstandes übersichtlich demonstriert werden, und auch abgesehen von Demonstrationszwecken wird die stets fertig stehende Anordnung für Messungen

ein recht bequemes Hilfsmittel bieten, falls es nicht auf die mit einem Spiegelgalvanometer erreichbare Genauigkeit ankommt<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Die Anfertigung der Apparate, für welche Gebrauchsmusterschutz beantragt ist, hat Herr F. Ernecke, Berlin S.W., Königgrätzerstr. 112 übernommen. Der Preis beträgt für jedes der Modelle je 48 M.



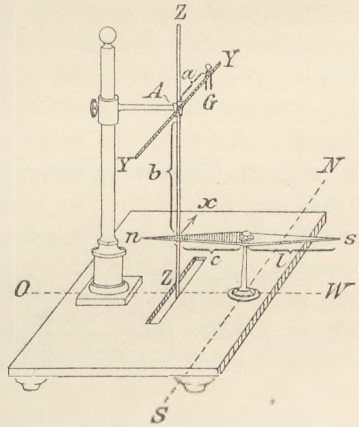
## Apparat zur Bestimmung des Drehmomentes einer Magnetnadel.

Von

Joh. Kleiber in München.

1. Vor einiger Zeit habe ich in dieser Zeitschrift (*XI 63, 1898*) ein überaus einfaches Mittel angegeben, um in kurzer Zeit eine gröfsere Reihe von Magnetnadeln oder magnetisierter Stückchen von Stricknadeln in ihrem Polwert mit dem Polwert einer bestimmten Magnetnadel, die ich als die Normalnadel der Sammlung bezeichnete, zu vergleichen. Es erübrigt dann nur noch die Constante dieser Normalnadel ein für allemal zu bestimmen. Wie diese Bestimmung mit einfachen Hilfsmitteln ausgeführt werden kann, habe ich in einem früheren Jahrgang dieser Zeitschrift (*X 72, 1897*) gezeigt. Das dort angegebene Verfahren ist aber noch der Vereinfachung fähig. Es erfordert nämlich immerhin noch die besondere Bestimmung des Pendelgewichtes, ferner die Ablesung eines Winkelausschlags und schliesslich einige Geduld, um Nadel und Pendel in die richtige Gleichgewichtsstellung zu bringen. Das kann alles umgangen werden, wenn man den im folgenden beschriebenen und nebenstehend abgebildeten Apparat zur Anwendung bringt.

2. Um diesen Apparat herzustellen, verschaffe man sich zwei äufserst schmale und dünngeschabte Holzstäbchen *ZZ* (s. Fig.) und *YY* von ziemlicher Länge und verbinde diese im Punkte *A* unter einem rechten Winke' fest miteinander zu einem Wagebalkenkreuz. An der Stelle *A* steckt man quer zur Verbindung ein Stückchen einer Nähnaedel als Achse und mit dieser legt man das Wagebalkenkreuz in ein am Arm eines Ständers angebrachtes Widerlager, das man sich leicht aus einem Stücke Kupferdraht zurechtbiegen kann. Durch Zufügen geringer Stückchen Klebwachs an geeigneten Stellen der vier Arme des Apparates mufs man zu erreichen suchen, dafs nicht nur der Arm *ZZ* im Ruhestand lotrecht stehen bleibt, sondern — und das ist wichtig — dafs der Schwerpunkt des Wagebalkenkreuzes sehr nahe an den Aufhängepunkt *A* zu liegen kommt. Je besser die letztere Bedingung erfüllt ist, desto empfindlicher wirkt die beschriebene Wage. Damit ist der Apparat fertig. In meinem Modell beträgt die Länge *YY* des horizontalen Wagebalkens 16 cm; die von *A* aus gerechneten Teile des vertikalen Stäbchens *ZZ* sind 12 cm und 30 cm lang. Die Mafse sind demnach so beträchtlich, dafs die Wage im ganzen Hörsaal gesehen werden kann.



3. Um nun das fragliche Drehmoment unserer Normalnadel zu bestimmen, verfahren wir wie folgt. Wir stellen zunächst unseren Apparat so auf, dafs die Schwingungsebene des Wagebalkenkreuzes im magnetischen Meridian *NS* liegt. Dann bringen wir die Magnetnadel, die auf der Spitze eines niedrigen Ständers schwinde, in die Scheitelebene *OW* des Apparates, drehen die Nadel *ns* aus der *NS*-Richtung in die *OW*-Richtung und legen zur Hemmung *ZZ* auf. Dieses Stäbchen würde von der Nadel zur Seite getrieben, greift aber so tief in einen am Boden angebrachten schmalen Schlitz ein, dafs nur eine mäfsige seitliche Abweichung möglich erscheint.

Nun belasten wir den richtigen Arm des Wagebalkens *YY* mit dem  $\left[ \frac{1}{100} \text{ Gramm} \right]$ -Reiterchen, wie wir es in jedem feineren Gewichtssatz vorfinden. Dieses Reiterchen *G* stellt für unsere Rechnungen  $\frac{1}{100} \text{ Gramm} = \left( \frac{1}{100} : \frac{1}{981} \right) \text{ Dyn} = 9,81 \text{ Dyn}$  vor. Das Reiterchen ist in einen solchen Abstand *a* vom Drehpunkt *A* zu bringen, dafs das Stäbchen *ZZ* wieder lotrecht steht. Übrigens kann man auch, um die Herstellung des Gleichgewichtes zu beschleunigen, durch Verschieben der Nadel in der *OW*-Richtung die Berührungsstelle *x* der

Nadel und der Stäbchen  $ZZ$  verändern. Wir nehmen in der folgenden Rechnung an, daß diese Berührungsstelle vom Drehpunkte der Nadel  $c$  cm weit (im Gleichgewichtsfall) entfernt sei.

Die Rechnung selbst gestaltet sich nun sehr einfach.

I. Die Hemmung  $x$ , welche die Nadel ausübt, wirkt neben  $G$  als zweite Kraft an unserem Wagebalkenkreuz, dessen Gewicht durch die Tarierstellung eliminiert ist. Daher besteht die Hebelgleichung  $x \cdot b = G \cdot a$  oder:

$$x = \left(\frac{a}{b}\right) G = \left(\frac{a}{b}\right) \cdot 9,81 \text{ Dyn.}$$

II. Das Drehmoment  $\mathfrak{M}$ , welches die Nadel ausübt, ist dem Drehmomente der Hemmung gleich, also

$$\begin{aligned} \mathfrak{M} &= x \cdot c \\ &= c \cdot \left(\frac{a}{b}\right) \cdot 9,81 \text{ (cm, Dyn)}. \end{aligned}$$

III. Die Polstärke  $P$  der Normalnadel bestimmt sich so: Ist  $l$  die halbe Nadellänge, so ist der Pol  $P$  in der Entfernung  $0,83 l$  angebracht zu denken. Er erfährt im erdmagnetischen Felde auf die Poleinheit die Anziehung  $H$  (rund  $\frac{1}{5}$  Dyn). Daher ist das Drehmoment der Nadel schließlich (2 Pole!)

$$\mathfrak{M} = 2(P \cdot H) \cdot [0,83 \cdot l].$$

Setzt man dies dem oben gefundenen gleich, so ergibt sich

$$2(P \cdot H) \cdot (0,83 \cdot l) = c \left(\frac{a}{b}\right) \cdot 9,81$$

daher

$$P = \frac{a \cdot c \cdot 9,81}{b \cdot H \cdot l \cdot 2 \cdot 0,83} \text{ Poleinheiten.}$$

4. Ein Versuch an meinem Modell ergab z. B.  $a = 4$  cm,  $b = 24$  cm,  $c = 4,5$  cm,  $l = 7$  cm. Daher ist:

$$\begin{aligned} \text{I. } x &= \left(\frac{a}{b}\right) \cdot 9,81 = \left(\frac{4}{24}\right) \cdot 9,81 = 1,63 \text{ Dyn.} \\ \text{II. } \mathfrak{M} &= x \cdot c = 1,63 \cdot 4,5 = 7,33 \text{ (cm, Dyn).} \\ \text{III. } P &= \frac{7,33}{2 \cdot H \cdot 0,83 \cdot 7} = \frac{7,33}{2 \cdot \frac{1}{5} \cdot 0,83 \cdot 7} = 3,15 \text{ Poleinheiten.} \end{aligned}$$

Die Zeitdauer des Versuches beträgt kaum 1 Minute.

## Der Projektionsapparat und seine Verwendung im Unterricht.

Von

Dr. O. Troje in Königsberg i. Pr.

Von Jahr zu Jahr wächst die Anzahl der Schulkabinette, die von einer elektrischen Centrale aus mit Strom versorgt werden. In wie außerordentlich günstiger Weise der experimentelle Unterricht namentlich in der Elektrizitätslehre und in der Optik dadurch beeinflusst werden muß, liegt auf der Hand und braucht hier nicht erörtert zu werden. Zu den optischen Versuchen benötigt man allerdings außerdem einer möglichst leistungsfähigen Projektionslampe mit Zubehör, deren Anschaffungskosten nicht gering sind. Doch bezahlt sich ein Geldopfer wohl auf keinem Gebiete des Unterrichtes so glänzend wie hier; kommt doch eine gut arbeitende und leicht zu handhabende Projektionseinrichtung nicht nur der Experimentalphysik, sondern in fast gleichem Grade auch allen übrigen Lehrgegenständen, soweit sie Anschauungsmittel benutzen, zu gute. Leider spielt die Projektion in unseren Schulen noch durchaus nicht die Rolle, zu der sie vermöge der modernen Vervollkommnungen auf den Gebieten des

Beleuchtungswesens, der optischen Instrumente und der Photographie schon längst berufen wäre und in vielen anderen Staaten bereits auch berufen ist. In den weitaus meisten unserer Schulen ist ein Skioptikon garnicht vorhanden, in vielen ein minderwertiges veralteter Bauart, und noch viel schlimmer sieht es mit dem Bilderbestand aus. Es scheint daher zeitgemäfs, einige Erfahrungen mitzuteilen<sup>1)</sup>, die ich auf diesem Gebiete mit einer elektrischen Einrichtung gemacht habe, die seit 5 Jahren am Altstädtischen Gymnasium zu Königsberg i. Pr. besteht und trotz sehr häufigen Gebrauchs vollkommen tadellos arbeitet. Da sich eine hiesige Anstalt in neuester Zeit ganz nach unserem Muster eingerichtet hat, so war es mir möglich, auch die Fortschritte, die die einzelnen Apparate inzwischen gemacht haben, mit zu verwerthen.

### 1. Der Projektionsapparat.

Als Projektionslaterne dient eine Differentiallampe der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft (vormals SCHUCKERT & CO.) in Nürnberg. Sie ist in ein Gefäfs aus dünnwandigem Stahlblech mit gußeiserner Fußplatte eingebaut, besitzt Vorrichtungen zum Einstellen des Lichtpunktes in zwei auf einander senkrechten Richtungen, einen Bremshebel zur etwaigen genauen Festhaltung des Lichtpunktes auf einige Minuten (für mikrographische Aufnahmen) und einen Excenter zur günstigsten Einstellung des Kohlekraters der positiven Kohle. Besonders kennzeichnend für diese Form ist die Schrägstellung der beiden Kohlen, welche die beste Ausnutzung des hauptsächlich von der oberen positiven Kohle ausgehenden Lichtes in wagerechter Richtung ermöglicht. Die Lampe brennt mit 16 A. und etwa 43 V. regelrecht und liefert in der genannten Richtung eine Lichtstärke von etwa 3000 Kerzen. Der Differentialregulator — System KRIZIK und PIERRE — arbeitet völlig selbstthätig: ein Aussetzen oder eine plötzliche Verschiebung des Lichtpunktes ist niemals vorgekommen. Bei längerer Inanspruchnahme der Lampe muß natürlich wegen des schnelleren Abbrennens der Positivkohle ab und zu eine Nachregulierung des Lichtpunktes erfolgen, was geschehen kann, ohne die Lautlosigkeit oder Gleichmäfsigkeit des Brennens zu stören. Der einzige leider unvermeidliche Nachteil dieser Lampe ist ihre groÙe Wärmeentwicklung, die es rätlich erscheinen läßt, sie nicht über eine Stunde ohne Unterbrechung zu brennen. Bei den neueren Ausführungen ist übrigens durch Vermehrung der Thüren und Öffnungen noch vollkommener für thunlichste Lüftung gesorgt. Nicht genügend bekannt dürfte es sein, daß von der Lampe zwei, äußerlich nur wenig verschiedene Formen in den Handel kommen, von denen die eine nur für Projektion, die andere auch für Spektralversuche eingerichtet ist. Für Schulen ist die letztere durchaus vorzuziehen. Bei ihr kann die den Differential-Regulator mit den Kohlen tragende, gewöhnlich schräg stehende Platte wagerecht gestellt werden und nach Vertauschung der Positiv- und Negativkohle die erstere mit ihrem Krater<sup>2)</sup> zur Aufnahme der spektralanalytisch zu untersuchenden Stoffe dienen. Um mehrere Linienspektren schnell hintereinander zu zeigen, könnte es wohl vorteilhaft erscheinen, statt der Positivkohle unten eine excentrische Metallscheibe mit darauf sitzenden Kohlenstiften (Revolverbrenner) anzuwenden. Mir wurde jedoch auf eine Anfrage mitgeteilt, daß eine derartige Vorrichtung zu schwer wäre, um nicht das tadellose Arbeiten des Differential-Regulators ungünstig zu beeinflussen.

Ebenso wie die elektrische Lampe ist die Einrichtung der optischen Bank von CARL ZEISS über jedes Lob erhaben. Auf einer gehobelten Eisenschiene folgen auf dachförmigen Reitern zunächst ein Doppellinsensystem von 12 cm Durchmesser, welches den Kohlenstiften die Hohlseite zuwendet und deren ganze Hitze auszuhalten hat; dann eine Wasserkammer, eine dritte zum Beleuchtungssystem gehörige Planconvex-Linse von ebenfalls 12 cm Durchmesser, welche das durch jene hergestellte parallele Licht convergent macht; dicht hinter der letzteren der Diapositivträger mit Schieberahmen und schließlich der Träger des Projektionssystems — sämtlich mit einander durch Verbindungs-Balg und Blechstützen möglichst lichtdicht verbunden. Als Projektionssystem kann natürlich jedes photographische

<sup>1)</sup> Das Folgende ist zum größten Teil der Programmabhandlung „*Neuere Unterrichtsmittel am Altstädtischen Gymnasium*“ Königsberg 1898 entnommen.

<sup>2)</sup> Der Krater wird dabei mit einem Versenkbohrer ein wenig vertieft.

System dienen; der bei unserer Einrichtung zur Verwendung kommende Zeiss-Anastigmat  $1:6,3f = 210$  mm ist zwar recht kostspielig, bietet aber den Vorteil großer Lichtstärke und vollkommener bis zu den Rändern scharfer Auszeichnung des Bildes. Letzteres wird in der Physikklasse gewöhnlich  $1,60\text{ m} \times 1,60\text{ m}$  groß (auf  $7\text{ cm} \times 7\text{ cm}$  Bildmaß); gelegentlich wurden in der Aula auch Bildgrößen bis  $3\text{ m} \times 3\text{ m}$  benutzt, ohne daß die Lichtstärke irgendwie in störender Weise geschwächt erschien.

Zu dem den Kohlen benachbarten Linsensystem ist nachträglich eine Glimmerschutzplatte geliefert worden, die sehr zweckmäßig ist. Denn von den lossprühenden Kohlenteilchen findet ab und zu doch eines den Weg bis zur Oberfläche des Glases und schmilzt hier ein, wie man aus einer leichten, durch kein Putzen zu beseitigenden Rauigkeit an einzelnen Stellen der Oberfläche schließen kann. — Die Dicke der Wasserschicht (6,5 cm) in der Wasserkammer könnte für einige Versuche, namentlich mikroskopische Projektionen, noch größer sein; wenigstens ist es mir wiederholt vorgekommen, daß der das Präparat einschließende Kanadabalsam zum Schmelzen kam. Im Brennpunkt der Beleuchtungslinsen kann man trotz eingeschalteter Wasserkammer durch Bestrahlung ein Streichholz in wenigen Sekunden entzünden.

Die elektrische Lampe mit daran anschließender optischer Bank hat ihre dauernde Aufstellung auf zwei schweren Stelltischen aus Eichenholz, die jede gewünschte Höhenstellung ermöglichen. Die Projektion findet in Richtung der Achse des Experimentiertisches auf einen in 5 m Entfernung befindlichen aufziehbaren Shirtingvorhang statt. — Eine ganz gleiche Einrichtung ist in der Aula angebracht, wohin der ganze Apparat leicht getragen werden kann. Dort habe ich den Projektionsschirm probeweise aus dem von Herrn Dr. NEUHAUSS empfohlenen Kupferdruckpapier herstellen lassen, das nach Landkartenart auf Leinwand aufgezogen und an Stäben befestigt ist. Die Einrichtung hat sich aber bei der Größe der Fläche ( $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ ) nicht recht bewährt, da das Papier sich — vermutlich infolge hygroskopischer Einflüsse — allmählich wirft. Eine getünchte Wand ist jedenfalls das Empfehlenswerteste. Zum Anschluß an die elektrische Leitung dient ein dickes mit Pferdehaar besponnenes sogenanntes Bühnenkabel.

Zu der Einrichtung der optischen Bank gehören noch eine zu experimentellen Zwecken oft gebrauchte große Irisblende von 6,7 cm größter Öffnung, deren Klemmfedern bei Spektralversuchen eine Spaltvorrichtung zu halten haben, und drei runde Füße mit Klemmschrauben, die an Stelle der optischen Bank die Linsen tragen, wenn diese, wie z. B. bei der Umkehrung der Natriumlinie, die Versuchsanordnung stören würde. Schließlich verfügen wir über ein zum Anschluß an diese Lampe eingerichtetes Zeißsches Projektionsmikroskop mit allem Zubehör, dessen Preis aber zu hoch ist (etwa 1000 M.), als daß es trotz seiner Vorzüglichkeit für Schulzwecke in Frage kommen könnte. Die Preise der beschriebenen Apparate — mit Ausschluß der im letzten Abschnitte genannten — betragen: elektrische Lampe 210 M., optische Bank mit Ausstattung 230 M., Anastigmat 185 M., Sa. 625 M., wozu noch etwa 100 M. für Vorschaltewiderstand, Ausschalter, Arbeitslohn u. s. w. zu rechnen wären. Das ist eine Summe, die im Haushalt eines Gymnasiums keine allzugroße Rolle spielen dürfte, und für die man dann auch wirklich etwas Vortreffliches und Dauerndes besitzt.

## 2. Die Beschaffung der Projektionsbilder.

Wesentlich schwieriger als die Beschaffung eines wirklich guten Projektionsapparates ist die der geeigneten Bildersammlung, der sog. Diapositive. Denn einmal ist der Preis des einzelnen unbemalten Bildes (1—2 M. das Stück) kein ganz geringer, wenn man die große Anzahl berücksichtigt, die man für die verschiedenen Unterrichtsgegenstände braucht. Vor allem aber ist bisher für eine sachgemäße Sichtung, richtige Ausnutzung und leichtere Zugänglichmachung der vorhandenen riesigen photographischen Vorräte noch nicht entfernt das Wünschenswerte geschehen, vielmehr fast alles dem bloßen Zufall überlassen. Und so erklärt es sich, daß die Sache der Projektion, deren Wichtigkeit vornehmlich für den naturwissenschaftlichen, geographischen und kunstgeschichtlichen Unterricht theoretisch allseitig

bereitwillig zugestanden wird, praktisch in Deutschland so äußerst langsame Fortschritte macht. Andere Staaten bieten hier ein wesentlich erfreulicherer Bild. Wie ich gelegentlichen Lesebefunden entnehme, wurde im Staate New-York im Jahre 1895 der Superintendent des öffentlichen Unterrichtes ermächtigt, für die Freischulen in jeder Stadt und jedem Dorf Projektions Apparate und Bilder zu beschaffen. Zu diesem Zwecke wurde eine Summe von 100 000 \$ für die ersten vier Jahre bewilligt. Und 1896 hat die französische Regierung ähnlich wie in früheren Jahren 25 000 Francs an verschiedene Lehranstalten zu Projektionszwecken überwiesen. In Deutschland sind wir von derartigen günstigen Zuständen offenbar noch weit entfernt. Bei einiger Rührigkeit, durch Veranstaltung populärer Projektionsvorträge gegen geringen Entgelt, durch private Beihilfe u. s. w. läßt sich aber auch jetzt schon viel erreichen, zumal wenn man die Bezugsquellen richtig wählt.

So besteht z. B. in Deutschland bereits eine mustergiltige Sammlung von Diapositiven für den archäologischen Unterricht im Gymnasium (166 Nummern zu 1 M. das Stück); sie ist von Herrn Professor FURTWÄNGLER in München aus der großen Anzahl von Glasphotogrammen, die er für seine eigenen Vorträge braucht, besonders für den Schulgebrauch zusammengestellt und auch in kleineren Abteilungen durch Vermittelung des archäologischen Seminars zu München von Herrn Photograph CARL GÜNTHER (Berlin, Behrenstraße 24) zu beziehen. In kleinem Rahmen ist hier das verwirklicht, was für die Einführung in Schulen Hauptbedingung des Erfolges ist: sachkundige Auswahl, stoffliche Beschränkung, technisch vorzügliche Ausführung und möglichst billiger Preis. — Für neuere Kunstgeschichte und Kunstgewerbe sei das „Institut für wissenschaftliche Photographie und künstlerisches Reproduktionsverfahren“ von Dr. FRANZ STÖDTNER (Berlin NW., Alt Moabit 87) empfohlen, das für ein bereits angefertigtes Diapositiv nur 0,85 M., für ein ganz neu anzufertigendes 1,20 M. berechnet; auch die bereits erwähnte Firma CARL GÜNTHER verfügt über eine sehr reichhaltige und vorzügliche Sammlung.

Ähnlich, wenn auch nicht ganz so günstig wie bei der Kunstgeschichte, liegen die Verhältnisse auf dem Gebiete der beschreibenden Naturwissenschaften. Die von Prof. BENECKE begonnene und in umsichtiger Weise durch die Firma A. KRÜSS-Hamburg ergänzte Sammlung bietet ein reiches, für die Schule nur allzu reiches Material, aus dem jedoch leicht nach dem Verzeichnisse die passende Auswahl getroffen werden kann. Auch bestehen zu deren Erleichterung Musterbücher mit Papierabzügen, die auf Wunsch versandt werden. Ein Übelstand ist es, daß der Preis für das Bild 1,50 M. beträgt. Bildersammlungen kleineren Umfanges aus Tier- und Pflanzenreich führen auch die Firmen LÉVY-Paris und LACHENAL-Paris und in größerem Umfange NEWTON & Co. und YORK (beide in London). Was ich davon kenne, ist trotz der größeren Billigkeit vortrefflich.

Auf den französischen Glasbildern ist praktischerweise auch meist ein Maßstab mitphotographirt, welcher die richtige Schätzung der Größenverhältnisse ermöglicht. Bei vielen dieser Bilder wird man allerdings die Farben schmerzlich vermissen; doch verteuert die Bemalung den Preis ganz unverhältnismäßig<sup>3)</sup> und empfiehlt sich nicht einmal, da die Farbe mit der Zeit ein körniges Gefüge bekommt.

Am schlimmsten sieht es mit der Beschaffung der Bilder für den geographischen Unterricht aus, gerade weil hier das Angebot das reichlichste, eine Sichtung nach pädagogischen Gesichtspunkten aber noch fast nirgend zu bemerken ist. Auch hier zeigt es sich recht deutlich, wie sehr auf diesem Gebiete Deutschland vom Auslande überflügelt wird; denn die bei weitem meisten, jedenfalls aber die besten der bei deutschen Firmen käuflichen Diapositive sind englischen oder französischen Ursprungs. Vor allem wären hier zu nennen die Häuser G. W. WILSON, Aberdeen, Scotland 2 Switin Str., VALENTINE & SONS, Dundee 154, Perth Road, YORK, London, LÉVY ET SES FILS, Paris, 25 Rue Louis le Grand. Von der großen Anzahl deutscher Firmen, bei denen diese Bilder erhältlich sind<sup>4)</sup>, will ich nur die

<sup>3)</sup> Eine englische Firma berechnet z. B. den Preis für ein farbiges Glasbild je nach der Güte der Ausführung auf 2 bis 20 Shilling das Stück.

<sup>4)</sup> Die englischen Firmen geben nur ihre Bilderverzeichnisse an Käufer ab, die Bilder selbst müssen durch Händler bezogen werden.

beiden billigsten Bezugsquellen erwähnen: ROMAIN TALBOT, Berlin C., Kaiser Wilhelmstraße 46 und UNGER & HOFFMANN, Dresden-A. 16, Reifsigstr. 36, 38, 40. Die Bilder kosten dort 1 M. das Stück, während man an anderen Stellen dasselbe Bild mit 1,50—2,00 M. bezahlen kann.

Die Bilder von LÉVY bieten bei größter Schärfe und Plastik wohl die reichhaltigste Auswahl, z. B. von Granada und der Alhambra allein 150 Nummern, von Rom und seinen Kunstschätzen sogar 545 Ansichten. In künstlerischer Auffassung werden sie zum Teil von den englischen noch übertroffen. Hier findet man wahre kleine Meisterwerke, Landschafts-, See- und Momentaufnahmen, welche ebenso technisch vollendet wie malerisch schön und pädagogisch verwendbar sind. Und dabei begleitet jede Bilderreihe, wie es für den Lehrer durchaus notwendig ist, ein erklärender Text. Eine Durchsicht der Kataloge der genannten englischen Geschäfte zeigt in einer den Deutschen ziemlich überraschenden Weise, wie weit entwickelt hier das Projektionswesen ist, wie durchgreifend das Skioptikon für Lehrzwecke verwandt wird. Denn hier findet neben den Naturwissenschaften, der Physik und Astronomie auch die Geschichte, Kirchen-, Kultur- und Litteraturgeschichte — leider fast nur die englische — die eingehendste Berücksichtigung. Schliesslich sei erwähnt, dass die Firmen A. FUHRMANN (Berlin, Passage, Kaiserpanorama) und ADOLF ORTO (Neubukow in Meckl.) Bilderreihen von 50—80 Bildern mit erklärendem Text zum Preise von 6—8 M. für die Woche leihweise abgeben. Ihre pädagogische Verwendbarkeit ist ungleich. Der Grundgedanke aber, die teuren Diapositive, zumal die farbigen, zu verleihen, ist unstreitig richtig und scheint der Schlüssel zu sein, welcher der Projektion einst die Schulen öffnen wird. Was sich auf diesem Wege durch beharrliches und uneigennütziges Vorgehen erreichen lässt, beweist schlagend die in Le Havre seit 1880 bestehende Société havraise de l'enseignement par l'aspect. Dieser von der Stadt und dem Departement unterstützte Verein, der es sich zur Aufgabe gesetzt hat, „durch Verleihung von Skioptikonbildern und Projektionslaternen an Schulen und Vereine die Belegung des Unterrichtes durch Anschauung zu fördern“, hat einen so mächtig wachsenden Erfolg zu verzeichnen gehabt, dass im Winterhalbjahr 1895/96 bei Verleihung von 3548 Bilderreihen dreiviertel aller Gesuche um Überlassung von Bildern wegen Mangels an Vorräten abgeschlagen werden musste. Seit Anfang 1897 ist dann das pädagogische Museum zu Paris die Geschäftsstelle für den Umtausch der Bilder geworden, die nun allen Ansprüchen genügt hat. Im verflossenen Jahre sind von ihr 47 453 populäre Vorträge in Schulen und Vereinen mit Projektionsmitteln versorgt worden! Sollte für ein derartiges tiefgreifendes Unternehmen nicht auch in Deutschland oder doch in Preussen der Boden vorhanden sein?

### 3. Die Herstellung der Projektionsbilder.

Am billigsten und zweckentsprechendsten ist es jedenfalls, sich die Diapositive selber herzustellen, indem man die gewünschten Abbildungen auf Glas kopiert. Der Preis des Diapositivs beträgt dann mit Deckglas und Rahmen höchstens 0,40—0,50 Mk., und das Verfahren ist so einfach, dass man es selbst einem geschickteren Schüler überlassen kann.

Ich will daher kurz angeben, wie ich es beim Kopieren mache. Von dem Original muss zuerst ein Negativ in der gewünschten Grösse hergestellt werden. Dazu eignen sich in vorliegenden Falle in erster Linie die Kupferdruckplatten der Fabrik „Berolina“ (Berlin NW., Schumannstraße 14), die für derartige Reproduktionszwecke eigens angefertigt sind. Die zu kopierende Photographie wird in verdunkelten Zimmer in einen mit Glasplatte versehenen Kopterrahmen größten Formats geklemmt, lotrecht auf den Experimentiertisch gestellt und von zwei Seiten mit je einer 32-Kerzenlampe beleuchtet; sie befindet sich daher stets unter den nämlichen Beleuchtungsverhältnissen, was bei Tageslicht nicht der Fall wäre. Ihr gegenüber ist der photographische Apparat mit einer Klemmzwinge an der Querseite des Tisches befestigt. Nachdem ich auf die erforderliche Grösse, wenn nötig unter Benutzung einer Lupe, scharf eingestellt habe und die Lampen so verschoben sind, dass kein Reflex auf die Mattscheibe fällt, blende ich das Objektiv geeignet ab und exponiere 7—10 Minuten je nach der Dunkelheit der zu kopierenden Photographie. Ein einziger Handgriff an einem

Rühmkorffschen Stromwender genügt dann, um die Beleuchtungslampen aus- und die Rotlicht-Laterne einzuschalten. Letztere ist eine dreieckige gewöhnliche Laterne, in der eine mattierte Glühlampe von 25 Kerzen befestigt ist. Das Fenster der Laterne enthält eine Gelscheibe, vor die sich mittels schmaler messingner Führungsröhren eine Rotscheibe schieben läßt. Die Helligkeit wird mittels eines Regulierwiderstandes beliebig abgeändert. Zum Entwickeln benutze ich Rodinal; dieser Entwickler ist so kräftig, daß er noch weit mehr ausgenutzt werden kann, als es gewöhnlich angegeben wird, und erspart durch die Schnelligkeit, mit der er arbeitet, viel Zeit. Auf 30 ccm Wasser nehme ich 2 ccm Rodinal und 2 ccm Bromkalilösung (1:10) und entwickele damit so viele Platten als möglich, d. h. bis die Entwicklung zu langsam wird. Das Zusetzen von 1 ccm Rodinal hilft dann wieder für längere Zeit. Das allmähliche Trübwerden der Flüssigkeit schadet nichts, scheint bei den Diapositivplatten (vergl. unten) den Ton des Bildes vielmehr günstig zu beeinflussen. Zu achten hat man darauf, daß die Kupferdruckplatten beim Fixieren sehr stark zurückgehen, man also wesentlich dunkler zu entwickeln hat, als das Negativ ausfallen soll. Bei sehr contrastreichen Papierphotographien oder solchen in bläulichem Ton wendet man besser orthochromatische Platten an.

Von diesem Negativ, das selbstverständlich ordentlich fixiert, gewaschen und getrocknet werden muß, fertige ich dann das Diapositiv mittels Contactdruckes an. Als Diapositivplatten kann ich die von UNGER & HOFFMANN durchaus empfehlen, da sie ein sehr zartes, in den Lichtern stets glasklares Bild geben und vor allen Dingen in der Behandlung wenig difficil sind; ein Zuviel der Belichtung macht ebensowenig aus wie ein Zuviel der Entwicklung, und wenn man nicht gar zu unvorsichtig ist, gelingen die Kopieen von der ersten an. Nur der Ton macht vielleicht Schwierigkeiten, da er manchmal nicht völlig schwarz ausfällt, sondern einen chlorigen Anflug hat. Doch kann man auch dessen bei einiger Übung leicht Herr werden. Eine Diapositivplatte wird mit der Schichtseite auf die der Negativplatte gelegt und unter ihr im Kopierrahmen dem Licht einer 32-Kerzenlampe in etwa 1 m Abstand 40–120 Sek. (je nach der Dichte des Negativs) ausgesetzt. Der Entwickler ist derselbe wie oben.

Der einzige Übelstand, den dieses Verfahren des Umkopierens unter Umständen haben kann, ist der, daß der Himmel und seine Reflexe im Wasser, anstatt glasklar zu sein, mehr oder minder graugefärbt erscheinen. Will man dieses vermeiden, so muß man das Negativ geeignet behandeln, was ziemlich mühsam sein kann und wenig lohnend ist, wenn es sich um einen einzigen Diapositivabzug handelt. Am leichtesten ist es noch, wenn man, wie es bei vielen Bildern von A. KRÜSS gemacht zu sein scheint, im Negativ den Himmel mit Decklack vollständig abdeckt; doch wirken solche Bilder oft wenig harmonisch, weil bei völlig hellem Himmel auch die Schattenwirkung eine andere sein müßte. Alle einschlägigen Fragen findet man in dem sichtlich aus der Praxis hervorgegangenen Schriftchen von HERMANN SCHNAUSS, *Diapositive, Dresden 1897 2. Aufl.* eingehend und zuverlässig behandelt.

Hat man Originalnegative zur Verfügung, so erleichtert das die Erzielung guter Diapositive wesentlich. Große Formate müssen dabei natürlich verkleinert werden, was ausgezeichnet scharfe Bildchen liefert. Ich benutze dazu eine 35 cm lange blecherne Röhre von 13 cm  $\times$  18 cm Querschnitt, die durch untergelegte Klötze in die passende Höhe gebracht werden kann. Sie steht auf der einen Seite durch einen Verbindungsbalg mit dem Objektiv des photographischen Apparates lichtdicht in Verbindung, während auf der entgegengesetzten Seite der Röhre die 13  $\times$  18 Negativplatte mit einer dahinter gelegten Mattscheibe in Nuten eingeschoben werden kann. Zur Beleuchtung der Mattscheibe benutze ich der gleichmäßigen Helligkeit wegen die elektrische Bogenlampe; die Aufnahme erfolgt direkt auf der Diapositivplatte.

Die hier erwähnten Kopierarbeiten kann man aber auch durch die oben erwähnten Firmen CARL GÜNTHER und Dr. FRANZ STÖDTNER in Berlin ausführen lassen, die hierfür sehr zu empfehlen sind.

## Mitteilungen über physikalische Schülerübungen.

### 1. Am königlichen Realgymnasium zu Döbeln (Sachsen).

Von

Rektor Professor Dr. R. Rühlmann.

Im Jahre 1893 ist am Königlichen Realgymnasium in Döbeln versuchsweise ein Anfang mit Übungen und praktischen Arbeiten der Schüler im physikalischen Laboratorium der Anstalt gemacht worden.

Der pädagogische Wert solcher Übungen ist ein mehrfacher. Zunächst werden die Sinne und die Hand der Schüler dadurch trefflich geübt. Frühzeitige Gewöhnung an Beobachtung und Messung von Naturvorgängen ist ein gutes Hilfsmittel, um den zukünftigen Physiker, Chemiker und Ingenieur in die naturwissenschaftliche Methode einzuführen und ihn an den Gebrauch des für die Benutzung dieser Methode erforderlichen Handwerkszeugs zu gewöhnen. Die Schüler werden mit einer Reihe wichtiger physikalischer Gesetze dadurch vertraut, daß sie genötigt werden, dieselben bewußt zur Anwendung zu bringen. Einrichtung, Wirkungsweise und Handhabung einer großen Zahl von Apparaten und Werkzeugen prägt sich von selbst dem Gedächtnisse dadurch ein, daß diese Vorrichtungen für Beobachtungen und Messungen angewendet werden. Die Anbringung einfacher Korrekturen, die Ausrechnung der erhaltenen Beobachtungen bietet Übungsaufgaben, denen der Schüler ein viel größeres Interesse entgegenbringt als den zahlreichen numerischen Aufgaben, die sonst im Unterricht, zur Befestigung der behandelten Gesetze, gestellt und gelöst werden müssen.

In erzieherischer Hinsicht ist die Gewöhnung zur Aufmerksamkeit, zur äußersten Sorgfalt, zur strengen Wahrhaftigkeit und Objektivität des Urteils durch solche Arbeiten ein nicht zu unterschätzendes Moment. Auch die Notwendigkeit, unter Umständen gleichzeitig mehrere Sinne und Muskeln zu ganz bestimmten Zwecken planmäßig bethätigen zu müssen, ist von günstigem erzieherischen Einflusse.

Nicht gering anzuschlagen ist ferner der Wert solcher Übungen für die Ausbildung jüngerer und für die Fortbildung älterer Lehrer des betreffenden Faches. Besonders ist dies deshalb der Fall, weil die physikalischen Übungen an manchen deutschen Hochschulen zur Zeit noch in systematischer Hinsicht und hinsichtlich ihres Umfanges und ihrer Intensität viel zu wünschen übrig lassen. Noch immer stehen die meisten jungen Lehrer der Physik, wenn sie frisch von der Hochschule kommen, den Lehraufgaben der Experimentalphysik mit einer bedauernswerten Hilflosigkeit gegenüber, und erst nach mehrjähriger Übung erlangen viele Lehrer dieses Faches den bescheidenen Grad von Gewandtheit, der zur Anstellung wirklich lehrhafter Schulexperimente erforderlich ist. Die Beteiligung an den Arbeiten der Schüler und das Überwachen solcher Beschäftigung übt auf den Anfänger im Lehramte einen heilsamen Zwang aus, sich mit dem Gebrauche physikalischer Apparate genau vertraut zu machen.

Physikalische Übungen und praktische Arbeiten auf Mittelschulen als obligatorischen Unterricht zu betreiben, wie dies an vielen Schulen in Amerika, England und in einigen anderen Staaten geschieht, halte ich für falsch, da das Experimentieren leicht zur Spielerei ausartet, wenn Schüler zu Übungen genötigt werden, denen sie kein wärmeres, persönliches Interesse entgegenbringen.

Der ältere Schüler sehnt sich förmlich danach, sich in seiner Freizeit nach eigenen Neigungen beschäftigen zu können. Diese Neigung kann ein geschickter Lehrer dazu verwenden, die jungen Leute für den künftigen Lebensberuf einigermaßen vorzubereiten.

Zur Teilnahme an solchen Übungen werden an unserer Schule nur solche Schüler der oberen Klassen (Oberprima bis mit Untersekunda) zugelassen, die sich freiwillig zu denselben melden, im Physikunterricht mindestens die Zensur 2 (gut) erlangt haben, und deren sonstige Leistungen in der Schule derartige sind, daß eine ungünstige Beeinflussung anderer Unter-



richtsfächer durch eine solche Beschäftigung nicht befürchtet zu werden braucht. Die Übungen werden wöchentlich für jede Abteilung an einem Nachmittage abgehalten, der für die betreffende Klasse schulfrei ist; sie erstrecken sich im allgemeinen auf die Dauer von 2 Stunden.

Auch für die Lehrer der Mathematik und Physik ist die Überwachung dieser Übungen eine freiwillige Leistung, jedoch wird die aufgewendete Zeit mit Genehmigung des Ministeriums des Kultus und öffentlichen Unterrichts auf die Pflichtstundenzahl mit angerechnet.

In eine Abteilung werden 2 bis höchstens 5 Schüler derselben Klasse aufgenommen, und in den Übungen werden nur solche Aufgaben behandelt, die innerhalb der bereits im Unterricht erledigten Gebiete der Physik liegen, sodafs eine gewisse Vertrautheit mit den zu behandelnden Gegenständen bei den Schülern vorausgesetzt werden kann.

Bei Beginn der Übung nimmt der Lehrer die erforderlichen Apparate selbst aus den Schränken der Sammlung heraus oder die Schüler finden die Instrumente bereits aufgestellt auf dem Arbeitstische. Der Lehrer macht vor Beginn die ihm zugewiesene Gruppe mit der zu erledigenden Aufgabe bekannt und entwickelt durch Frage und Antwort den Weg, der zur Lösung der Aufgabe eingeschlagen werden soll<sup>1)</sup>. Er zeigt die Einrichtung und den Gebrauch der zu verwendenden Apparate, wenn die Praktikanten nicht schon von früheren Übungen her mit den Instrumenten vertraut sind. Ganz besonders wird auf die Vorsichtsmafsregeln aufmerksam gemacht, die zu beachten sind, damit nicht die Schüler selbst oder die benutzten Apparate Schaden leiden. Die Anordnung der Apparate auf dem Experimentiertisch wird durch eine aufgezeichnete Skizze erläutert. Bei einem Vorversuche macht der Lehrer die ersten Beobachtungen und Ablesungen selbst. Hierauf werden die Schüler an die einzelnen zur Verwendung kommenden Apparate verteilt, und der Versuch beginnt. Sind Versehen oder grobe Ablesungsfehler bemerkbar, so wird der Versuch verworfen. Ist alles zur Zufriedenheit verlaufen, so wechseln die Schüler die Plätze an den einzelnen Instrumenten. Derselbe Versuch wird so oft wiederholt, bis jeder Schüler an jeder Beobachtungsstelle befriedigende Ergebnisse erzielt hat. Ist eine solche gröfsere Versuchsreihe abgeschlossen, so zeigt der Lehrer an einem der Versuche den Weg zur Ausrechnung der Resultate, nachdem zuvor die Mittel aus den gleichartigen Beobachtungen gebildet und die Abweichungen vom Mittel bestimmt worden sind.

Während der Beobachtungen trägt jeder Schüler sämtliche Ablesungen in ein Notizbuch ein. Bis zur nächsten Übung arbeitet jeder Schüler ein Versuchsprotokoll aus, in welchem über Anordnung, Ausführung, Ausrechnung und Ergebnisse der angestellten Versuche kurz berichtet wird. Die Protokolle werden von dem betreffenden Lehrer geprüft und etwaige Irrtümer berichtigt.

Der ganze Kursus der Übungen ist auf vier Jahre verteilt; ein Jahr davon wird auf praktische Übungen in der Werkstatt verwendet.

Die praktischen Arbeiten in der Werkstatt leitet bei uns ein emeritierter Bürgerschul-Oberlehrer, der in allen mechanischen Arbeiten ein aufsergewöhnliches Geschick und grofse Erfahrung besitzt. Die Schüler erlernen dabei die Bearbeitung des Holzes mit Säge, Hobel, Stemmeisen, Bohrer, Leimtiegel, Drehbank u. s. w. Hieran schliesst sich die Behandlungsweise der Metalle mit Feile, Hammer, Bleischere, dem Lötwerkzeuge und der Drehbank. Die Handhabung der Schneidkluppe wird geübt, gelegentlich werden auch Polier- und Lackierarbeiten vorgenommen. Das Biegen, Stauchen, Ausziehen und Blasen von Glas wird ebenfalls mit ausgeführt. Um die Verwendbarkeit dieser praktischen Arbeiten zu zeigen, werden einfache physikalische Apparate hergestellt, die zumeist zur Vermehrung der Schulsammlung dienen. Im Laufe der vergangenen Jahre sind beispielsweise folgende

<sup>1)</sup> Für die Vorbereitung auf schwierigere Übungen werden den Schülern auch wohl aus der Handbibliothek des physikalischen Kabinetts: Kohlrausch, Praktische Physik; Wiedemann und Ebert, Physikalisches Praktikum; Ayrton, Praktische Physik; Weinhold, Vorschule der Physik; Weinhold, Demonstrationen; Rühlmann, Grundzüge der Elektrotechnik, in die Hand gegeben.

Apparate hergestellt worden: eine Blitzröhre, ein elektrischer Mörser, ein elektrisches Thermometer, eine große Zahl von Klemmschrauben, ein elektrisches Horizontalpendel, ein thermoelektrisches Rechteck, ein Funkenständer, ein Silbervoltmeter, eine schematische Darstellung der Wheatstoneschen Brücke, mehrere Handausschalter für elektrische Versuche, ein Pachytrop für die Batterie von 6 Tauchelementen der Sammlung, das Modell eines Wasserstrahlgebläses, eine kleine Turbine als Rührer, ein Apparat für die ungleiche Wärmeleitung der Gase, ein Flammenmanometer, ein Apparat zur Demonstration der Kundtschen Staubfiguren, ein rotierendes Spiegelprisma für rakustische Versuche, ein Apparat für Endosmose, ein Doppelschlüssel für Condensatorversuche, verschiedene kleine Werkzeuge u. dgl. m. Auch kleinere Ausbesserungen an Apparaten, Geräten und Werkzeugen werden gelegentlich ausgeführt. Für Apparate, die der Schule verbleiben, werden die sämtlichen Materialien aus der Kasse des physikalischen Kabinetts bezahlt; für Apparate, die Schüler für eigenen Gebrauch anfertigen, müssen sie die Materialien selbst beschaffen, jedoch ist ihnen der Gebrauch der Werkzeuge der Schule gestattet.

Bisher waren es meist nur Primaner, die in dieser Weise in der Werkstatt des physikalischen Kabinetts praktisch arbeiteten; künftighin sollen diejenigen Schüler der Untersekunda, die später an den Beobachtungen und Messungen teilnehmen wollen, zuerst die Werkstattarbeiten durchmachen, damit die Apparate bereits etwas geübteren Händen übergeben werden können.

Unsere Werkstatt ist ausgestattet mit 2 Drehbänken, 1 Hobelbank und einem Werkzeugrahmen, der die wichtigsten Werkzeuge für einfache Holz- und Metallarbeiten enthält. Außerdem ist Lötzeug, Leimtiegel, Glasbläserisch, Schleifstein, Ambofs, Schneidkluppen, Schraubstock und ein Abzug für übelriechende oder schädliche Dämpfe vorhanden.

Dafs derartige Arbeiten den Schülern selbst Freude machen, ersieht man am besten daraus, dafs häufig um die Erlaubnis nachgesucht wird, auch in sonstigen Freistunden oder in den Ferien eine angefangene Arbeit in der Schulwerkstatt oder in der häuslichen Werkstatt des Lehrmeisters beenden zu dürfen.

Was nun die eigentlichen physikalischen Versuche, Beobachtungen und Messungen betrifft, so läfst sich ein vollständig systematischer Gang an einer Schule nicht wohl durchführen, weil man sich mit denjenigen Hilfsmitteln begnügen mufs, die gerade zur Hand sind. Vollständigkeit braucht auch bei Schulkursen dieser Art gar nicht angestrebt zu werden, weil feinere Messungen mit wissenschaftlichen Präzisionsapparaten überhaupt nicht in den Rahmen der Mittelschulen gehören, und weil fast an jedem richtig durchgeführten Versuche und auch an einfacheren Vorrichtungen die Kunst des Beobachtens und sorgfältigen Messens gelernt werden kann.

Wenn in der nachstehenden Aufführung eine ganze Anzahl für Schüler geeigneter Versuche fehlen, so hat dies seinen Grund darin, dafs es uns an handfesten, für die Benutzung durch Schüler geeigneten Apparaten für diese Versuche zur Zeit noch fehlt<sup>2)</sup> und wir solchen Versuchen den Vorzug geben, bei denen zuverlässige Messungen mit einfachen Hilfsmitteln möglich sind.

Ich gebe im nachfolgenden eine Zusammenstellung der Versuche und ihrer Reihenfolge, wie sie sich im Laufe der Jahre an unserer Schule als zweckmäfsig herausgestellt hat.

I. Jahreskursus (Obersekunda). 1. Bestimmung der Normalpunkte eines Thermometers. — 2. Vergleich des Thermometers mit einem Normalthermometer und Bestimmung der Korrekturen. — 3. Bestimmung von Schmelzpunkten. — 4. Bestimmung von Siedepunkten. — 5. Rohe Messung der spezifischen Wärme mit dem Mischungskalorimeter. — 6. Bestimmung des Wasserwertes des Kalorimetergefäfses und des eintauchenden Thermometers; genauere Messung der spezifischen Wärme unter Anwendung des Rumfordschen Kunstgriffes. — 7. Messung der latenten Schmelzwärme des Eises. — 8. Messung der latenten Dampfwärme des Wassers. — 9. Ablesung des Barometers und Reduktion des Barometer-

<sup>2)</sup> Die so lehrreichen Versuche, bei denen Schwingungsbeobachtungen zur Anwendung kommen, mufsten z. B. bisher noch ausfallen, weil unser Kabinett keine geeignete Uhr besitzt.

standes. — 10. Vergleich des Ganges eines Fuefs'schen Barometers mit dem eines Aneroids und den Angaben eines registrierenden Barometers (der Versuch wird 10–14 Tage lang bei dreimaliger täglicher Ablesung fortgesetzt). Aufzeichnung der Druckkurven der drei Barometer — 11. Barometrische Höhenmessung. — 12. Messung des Ausdehnungskoeffizienten der Luft (nach der Methode des Verf.). — 13. Messung des Druckänderungskoeffizienten der Luft mit der Temperatur bei constantem Volumen unter Benutzung des Apparates von Feilitzsch. — 14. Vergleich der Angaben eines Augustsches Psychrometers, eines Daniell'schen Hygrometers und eines Lambrechtschen Haarhygrometers. — 15. Messung des Ausdehnungskoeffizienten einer Glasröhre. — 16. Gebrauch der Wagen und der Gewichtssätze. Wägung nach Bordas Methode. — 17. Aichung einer Federwage oder Briefwage. — 18. Bestimmung der Volumina von Gefäßen durch Wägung. — 19. Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten eines Pyknometers durch Wägung der Wasserfüllung bei verschiedenen Temperaturen. — 20. Bestimmung des spezifischen Gewichtes und des Ausdehnungskoeffizienten einer Flüssigkeit mit dem Pyknometer. — 21. Ermittlung derselben Größen durch Abwägen eines Glaskörpers in derselben Flüssigkeit bei verschiedenen Temperaturen. — 22. Bestimmung des spezifischen Gewichtes und des Ausdehnungskoeffizienten eines festen Körpers durch Abwägung in Wasser bei verschiedenen Temperaturen. — 23. Derselbe Versuch für einen im Wasser löslichen Körper durch Abwägung in Petroleum. — 24. Ermittlung des mittleren Querschnittes eines Drahtes aus Länge, Gewicht und spezifischem Gewicht. — 25. Bestimmung des spezifischen Gewichtes der trockenen Luft. — 26. Dampfdichtenbestimmung nach Dumas.

II. Jahreskursus (Unterprima): 1. Messung der Stromstärke mit dem Kohlrusch'schen Voltmeter, Aichung eines Ampèremeters. — 2. Bestimmung des Reduktionsfaktors einer Tangentenbussole. Ermittlung der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus. — 3. Ermittlung der Constanten eines Siemensschen Dynamometers. — 4. Messung der Stromstärke mit dem Siemensschen Torsionsgalvanometer im Nebenschluß zu einem Widerstande von  $\frac{1}{499}$  Ohm. — 5. Vergleich der verschiedenen Strommessmethoden, gelegentlich der Aichung eines Ampèremeters. — 6. Aufstellung der Aichungskurve und Bestimmung der Fehlzeigungen eines Ampèremeters. — 7. Aichung eines Galvanometers (meist des Torsionsgalvanometers) mit dem Silbervoltmeter. — 8. Messung von Widerständen mit dem Differentialgalvanometer. — 9. Widerstandsmessung mit einer schematischen Wheatstoneschen Brücke; Gebrauch des Widerstandskastens. — 10. Messung der Widerstände von Drähten mit einer Siemensschen Mefsbrücke. — 11. Bestimmung der Änderung des Widerstandes mit der Temperatur in einem Eisendrahte. — 12. Bestimmung von Flüssigkeitswiderständen mit der Kohlrusch'schen Mefsbrücke und dem Telephon. — 13. Bestimmung des spezifischen Widerstandes einer Kupfervitriollösung. — 14. Bestimmung des inneren Widerstandes von Elementen. — 15. Bestimmung des Widerstandes von Drähten, die Selbstinduktion enthalten. — 16. Untersuchung einer Blitzableiteranlage. — 17. Spannungsmessungen mit dem Torsionsgalvanometer, Aichung eines Voltmeters. — 18. Spannungsmessungen nach der Kompensationsmethode. — 19. Spannungsmessungen mit dem Quadrantenelektrometer. — 20. Aichung eines Elektrizitätszählers. — 21. Änderung der Spannung und der Säuredichte beim Laden und Entladen einer Akkumulatorenbatterie; Kapazitätsprobe. — 22. Messungen an einer Gleichstrommaschine in Ruhe und in Thätigkeit. — 23. Herstellung galvanoplastischer Abdrücke.

III. Jahreskursus (Oberprima): 1. Messung der Lichtstärke einer Lampe mit dem Rumfordschen Photometer. — 2. Desgleichen mit dem Bunsenschen Photometer. — 3. Messung der Lichtmenge, die eine Glühlampe nach verschiedenen Richtungen hin ausstrahlt. — 4. Messung des Winkels eines Prismas mit dem Demonstrationsgoniometer. — 5. Messung der Winkel eines gut ausgebildeten Krystalls mit dem Goniometer. — 6. Dieselbe Messung an einem Krystall mit schlecht spiegelnden Flächen. — 7. Bestimmung der Brennweite und Bildgrößen eines Hohlspiegels. — 8. Bestimmung des Brechungsexponenten eines Prismas durch das Minimum der Ablenkung für die Natriumlinie. — 9. Bestimmung der Dispersion dieses Prismas für die wichtigsten Linien des Sonnenspektrums. — 10. Messung

des Minimums der Ablenkung für die wichtigsten Spektrallinien der Leicht- und Erdmetalle. — 11. Messung der charakteristischen Spektrallinien der übrigen wichtigen Metalle und des Wasserstoffspektrums; Eintragung der Beobachtungen in eine graphische Darstellung des Spektrums. — 12. Bestimmung der Brennweite und Bildgrößen einer Convexlinse. — 13. Bestimmung der Brennweite einer Zerstreulinse. — 14. Messung der Vergrößerungen eines Mikroskops. — 15. Messung der Vergrößerungen eines terrestrischen Fernrohrs — 16. Bestimmung der Vergrößerungen eines größeren astronomischen Fernrohrs. — 17. Gebrauch des Polarisationsapparates. — 18. Zuckerbestimmung mit dem Wildschen Polaristrobometer. — 19. Bestimmungen der Wellenlänge einiger Spektrallinien mit dem Beugungsgitter. — 20. Die grundlegenden Hertz'schen Versuche. — 21. Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Glas und in Kohlensäure mit dem Kundt'schen Apparate.

Je nach der Anstellung der betreffenden Schülergruppe werden entweder alle Übungen mit ihnen durchgenommen, oder es werden die schwieriger anzustellenden Versuche ausgelassen. Jedenfalls sind alle hier angeführten Messungen im Laufe der letzten Jahre mehrere Male mit befriedigendem Erfolge ausgeführt worden.

An die Genauigkeit der Messungen werden keine größeren Ansprüche gestellt, als die Teilung des benutzten Instrumentes gestattet. Durchgehend gilt die Regel, daß Zehntel der Teilung genau geschätzt werden müssen. Der Nonius wird verhältnismäßig nur selten gebraucht. Für Winkelmessungen dient z. B. zumeist ein Weinhold'sches Demonstrationsgoniometer, das recht genau in ganze Grade geteilt ist.

Um die Bildung eines Urteils über den pädagogischen Wert solcher Übungen zu ermöglichen, sind vom Königl. Sächs. Ministerium des Kultus und öffentlichen Unterrichts unserer Schule in den letzten beiden Budgetperioden nicht unbeträchtliche Beträge zur Verfügung gestellt worden. Aus diesen Mitteln sind im Laufe der letzten Jahre eine größere Zahl handfester Apparate und Werkzeuge angekauft worden, die sich für die Benutzung durch minder geübte Hände eignen. Ganz besonders empfehlenswert sind die in Weinhold's Demonstrationen beschriebenen Apparate. Aber auch einige feinere Instrumente, wie z. B. eine chemische Wage, eine größere physikalische Wage für 5 kg Belastung, ein gutes Fufessches Barometer, ein Normalthermometer, mehrere feinere Thermometer, ein Torsionsgalvanometer, ein Elektrodynamometer, ein einfaches Quadrantelektrometer, eine Siemens'sche Mefsbrücke, einige Normalwiderstände, ein Normalelement, ein einfaches Kathetometer, einige gute Galvanometer, ein Rowland'sches Beugungsgitter sind für diese Übungen erwünscht und stehen an unserer Schule zur Verfügung.

Außerdem besitzen wir eine vollständige elektrische Beleuchtungsanlage, bestehend aus einem  $4\frac{1}{2}$ pferdigen Gasmotor, Dynamomaschine, einer Akkumulatorenbatterie von 36 Zellen und vollständigem Schaltbrett mit allen Mefsinstrumenten.

Zur Versorgung der elektrischen Beleuchtungsanlage und zur Bedienung im chemischen und im physikalischen Laboratorium ist ein besonderer Aufwärter angestellt.

Da nicht viele schulfreie Nachmittage zur Verfügung stehen, und die Obersekundarabteilung z. Z. in zwei Parallelkursen von je vier Schülern unterrichtet wird, geht es bei uns mit den Räumen manchmal recht knapp zu. An einem Nachmittage arbeiten z. B. drei Lehrer mit drei Abteilungen gleichzeitig; eine Gruppe benutzt das Auditorium, die andere arbeitet im Vorbereitungszimmer, die dritte im Sammlungszimmer oder in den Lehrräumen für Chemie.

Eine ganz besondere Schwierigkeit liegt zur Zeit endlich darin, daß Ablesungen an Spiegelinstrumenten in einem Schulgebäude durch die Erschütterung der Fußböden und der Mauern sehr erschwert und während der Unterrichtspausen minutenlang ganz unmöglich gemacht werden.

Im nächsten Jahre soll für unsere Schule ein besonderes Laboratoriumsgebäude errichtet werden, in dessen Erdgeschofs das physikalische Laboratorium, in dessen erstem Stockwerke das chemische Laboratorium geeignete Unterkommen finden sollen. In dem Neubau sind mehrere besondere Arbeitszimmer vorgesehen, da das Arbeiten im Auditorium

und im Sammlungszimmer Übelstände im Gefolge hat. Auch die Abtrennung des Zimmers, in dem die feinen Wagen aufgestellt sind, und die Trennung der Werkstatt vom Vorbereitungs- zimmer hat sich als ein Bedürfnis herausgestellt.

Die freiwillige Beteiligung der Schüler an den Übungen ist von Jahr zu Jahr ge- wachsen. Auch die Lehrer haben an dieser neuen eigenartigen Thätigkeit Befriedigung gefunden. Ältere Schüler, die unsere Schule bereits verlassen haben, versicherten mir wiederholt, daß ihnen diese Übungen späterhin, bei ihren wissenschaftlichen Arbeiten an den Hochschulen, gute Dienste geleistet haben.

## 2. Am Dorotheenstädtischen Realgymnasium in Berlin.

Von

Oberlehrer **H. Bohn.**

Verfasser dieser Zeilen leitet am Dorotheenstädtischen Realgymnasium seit dem Sommer 1892 physikalische Schülerübungen, und zwar in den Klassen U. II, O. II und U. I. Die Übungen waren im allgemeinen so eingerichtet, daß jeder Schüler alle 14 Tage einmal 2 resp. 1 Stunde arbeitete, in einigen Semestern auch so, daß jede Woche eine Stunde gearbeitet wurde. Die Übungen wurden in der Regel im Anschluß an den Unterricht abgehalten, zum Teil vormittags, meistens aber nachmittags im Anschluß an die Turnstunde, nur ausnahmsweise an ganz freien Nachmittagen. Die Zahl der Teilnehmer wechselte in U. II und O. II zwischen 16 und 36, in U. I zwischen 11 und 15. Die Schüler waren in Gruppen eingeteilt, und zwar bis zum Winter 1896/97 so, daß zu jeder Gruppe 3—5 Schüler gehörten, je nach der Zahl der Teilnehmer. Es wurden anfangs 4, später 3 Gruppen neben einander beschäftigt. Jede Gruppe hatte ihr besonderes Thema zu bearbeiten, welches in der vorhergehenden Stunde diktirt wurde, so daß sich die Schüler auf ihre Arbeiten vorbereiten konnten. Die Schüler der U. I durften sich ihr Thema selbst wählen, mußten es jedoch 14 Tage vorher angeben. Alle Schüler bereiteten sich auf das gewählte Pensum vor; einer, der Führer der Gruppe, arbeitete es schriftlich aus und hatte mir die Ausarbeitung am Tage vorher zur Durchsicht und event. Ergänzung vorzulegen. Die Führung wechselte.

In O. II und U. II bestimmte ich nicht nur das zu behandelnde Pensum, sondern ich diktirte auch ganz kurz die anzustellenden Versuche 14 Tage vor der Übung. Diese Methode habe ich seit Sommer 1897 aufgegeben, weil in dem Schülermaterial für die Übungen allmählich eine derartige Wandlung eintrat, daß sie völlig unhaltbar wurde. In der ersten Zeit nämlich war die Teilnahme völlig freiwillig; jedoch mußten diejenigen Schüler, welche sich einmal zu den Übungen gemeldet hatten, das ganze Semester hindurch teilnehmen. Zuerst meldeten sich naturgemäß sehr viele Schüler, größtenteils wohl aus Neugierde, um zu sehen, was wohl in diesen Übungen gemacht würde. Die Zahl nahm jedoch allmählich ab, und es kamen diejenigen nicht mehr, welche kein Interesse hatten. Wenn es auch schwierig war, 16—18 Schüler in 4 Gruppen zu beaufsichtigen, so konnten doch 10—12 Schüler in 3 Gruppen leidlich übersehen werden. Als aber bestimmt wurde, daß die physikalischen Übungen als Ausgleichstunde für diejenigen benutzt werden sollten, welche vom Gesang dispensiert waren, und somit die Teilnahme für einen Teil der Schüler aufhörte, eine freiwillige zu sein, änderte sich das Benehmen der Schüler während der Übungen vollständig; sie sahen die Übungen als eine Strafe für mangelhaften Gesang an, und die Zahl der freiwilligen Teilnehmer ging beständig zurück, so daß in einigen Semestern nicht ein einziger Schüler mehr freiwillig kam. Infolgedessen wurde nicht mehr mit Freude gearbeitet; ich konnte nur bei derjenigen Gruppe ein ordentliches Arbeiten erzielen, bei der ich mich gerade aufhielt, während die übrigen ohne Lust und Verständnis experimentierten oder gar spielten. Natürlich wurde jetzt auch unverhältnismäßig viel zerschlagen.

Da eine Änderung in der Bestimmung der Zwangsteilnahme nicht zu erwarten war, sah ich mich im Sommer 1897 genötigt, die Methode zu ändern, wenigstens für die Klassen U. II und O. II. Das Thema wird auch jetzt 14 Tage vorher angegeben, so daß die Schüler

Zeit haben, sich vorzubereiten, aber alle Teilnehmer bilden eine einzige Gruppe. Die Schüler sitzen auf ihren Plätzen. Zunächst wird das Pensum besprochen. Die Schüler geben selbst an, welche Versuche zur Erläuterung irgend eines Gesetzes angestellt werden können. Dann werden in der Regel 2, zuweilen 3 Schüler vorgerufen, um einen Versuch anzustellen. Wenn möglich, machen 2 andere Schüler einen Parallelversuch zur Demonstration desselben Gesetzes. Die übrigen Schüler sehen zu und machen Notizen. Dazwischen werden Fragen gestellt. Die Zuschauer kritisieren die Arbeiter und machen Vorschläge zur besseren Ausführung des Versuches. Bei Parallelversuchen werden die Resultate verglichen und Gründe für etwaige Differenzen gesucht. Die Zuschauer geben an, welche Fehler gemacht sind u. s. w. Dabei sind durchaus nicht alle Versuche messende. Die Themata werden vielmehr so gewählt, daß die Übungen eine regelrechte Repetition des  $\frac{1}{2}$  Jahr oder länger zurückliegenden Unterrichts sind.

Die Vorteile derartiger Übungen werden von den Schülern sehr wohl erkannt; daher hat die Zahl der freiwilligen Teilnehmer wieder zugenommen; hat sich doch von den 20 Schülern des Untercötus der O. II in diesem Sommer nicht ein einziger ausgeschlossen, und von den 20 Schülern des Obercötus fehlen nur 4. Nicht unwesentlich hat zu dieser erfreulichen Thatsache jedoch auch der Umstand beigetragen, daß es möglich war, die Übungen an den Unterricht anzuschließen. Wenn dieselben jedoch auf einen freien Nachmittag gelegt werden müssen, kommt niemand freiwillig. Auch der Anschluß an den Turnunterricht am Mittwoch- oder Sonnabend-Nachmittag ist den Schülern sehr unbequem, weil ihnen dann zu wenig Zeit für die häuslichen Arbeiten bleibt.

Die Übungsstunden werden dem Lehrer als Pflichtstunden angerechnet.

## Kleine Mitteilungen.

### Ein neuer Unterbrecher für den Funkeninduktor.

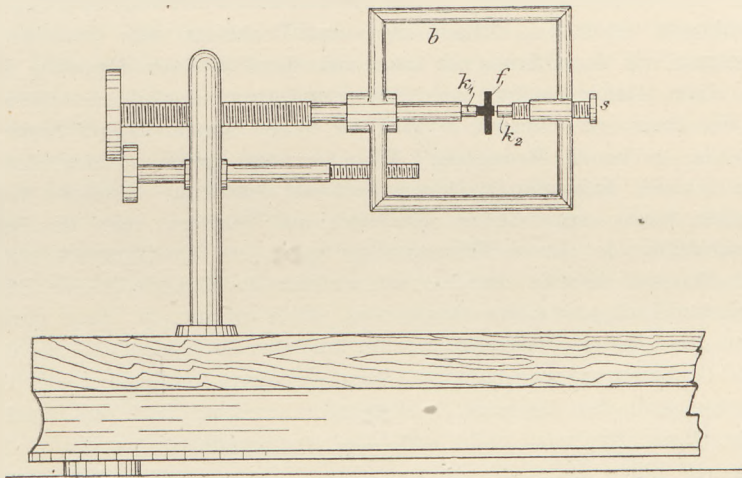
Von **Friedr. Dessauer** in Aschaffenburg.

Wenn man bei einem mit gewöhnlichem Platinunterbrecher ausgerüsteten Funkeninduktor den Strom schließt und die beiden den Unterbrecher tragenden Stative mit einander durch eine Leitung verbindet, den Interruptor selbst also ausschaltet, so wird der Eisenkern des Induktors durch den Primärstrom magnetisch. Die Feder des Unterbrechers wird sich dem Elektromagneten nähern, und da der Strom unabhängig vom Interruptor geschlossen ist, so wird der Strom durch die Annäherung der Feder nicht unterbrochen, sondern die Annäherung geht weiter, bis die Elasticität der Feder gerade so groß geworden ist, wie die Kraft des Elektromagneten. In dieser Stellung bewegt sich die Feder nicht mehr weiter.

Denkt man sich nun kurz vor dieser äußersten Federstellung einen Widerstand angebracht, gegen den die Feder schlagen muß, und ist dieser Widerstand ungefähr in der Mitte der Federlänge angebracht, so wird, wenn die Feder an diesen Widerstand schlägt, in ihm gewissermaßen ein zweiter Drehpunkt entstehen. Die magnetische Kraft des Induktors kann nur noch auf die halbe Federlänge eine Wirkung ausüben, und zwar vom freien Ende bis zu dem Widerstande hin; der Betrag der Wirkung des Magnetismus ist also gleich Magnetismus mal halber Hebellänge ( $a \cdot \frac{1}{2}$ ). Die Elasticitätswirkung beträgt aber  $a$  multipliziert mit der ganzen Hebellänge  $= 1 (a \cdot 1)$ .

Es ist also leicht verständlich, daß die Elasticität der Feder beim Anschlagen derselben an den Widerstand die magnetische Kraft überwiegt, und daß daher die Feder das Bestreben zeigt, der Elasticität nachzugeben, und daß eine kleine Bewegung zur Ruhelage hin die Folge ist. Diese Bewegung kann aber nur so lange andauern, bis die Feder sich um ein Minimum von dem Widerstande entfernt hat, weil dann die Feder nicht mehr geteilt ist. Wird in diesem Augenblicke der Contact unterbrochen, so kehrt die Feder wieder ganz in ihre Ruhelage zurück.

Auf dieser Theorie baut sich die ganz einfache Konstruktion des neuen Unterbrechers auf. Die Figur zeigt einen einfachen Platinunterbrecher, der sich nur durch Zufügung eines zweiten ( $k_2$ ) dem ersten ( $k_1$ ) gegenüberliegenden Contactes von der gewöhnlichen Anordnung unterscheidet.  $f$  bedeutet die Feder, von der man nur den Querschnitt sieht.  $b$  ist ein Bügel, der die zweite Kontaktstelle  $k_2$  trägt und auf der ersten Kontaktschraube gleitet; seine Stellung wird durch die untere Schraube reguliert. Damit durch recht ungeschickte Regulierung niemals ein Kurzschluss eintreten kann, ist gesorgt, dass bei zu starkem Nachstellen der beiden Schrauben die Schraubenköpfe aneinanderstoßen, und so ein Kurzschluss vermieden wird. Die Schraube  $s$  hat den Zweck, bei Abnutzung des Contactes denselben etwas nachstellen zu können. Reguliert wird an dieser Schraube nicht; die Nachstellung geschieht ungefähr alle Monate einmal.



Wenn beim ersten Kontakte der Magnetismus des Induktoriums zu wirken beginnt, und die Unterbrechung eintritt, so nähert sich der Anker dem Induktor. Kaum hat jedoch die erste Unterbrechung stattgefunden, so schlägt der Contact auf der andern Seite wieder an, und ein zweiter Stromschluss findet statt. Dieser Stromschluss ist ein kräftiger und hinreichend andauernder, weil die Feder in ihrem vorderen Teile noch weiterschwingt. Die Unterbrechung erfolgt aus dem oben erörterten Grunde und die Feder kehrt in ihre Ruhelage zurück, wobei sofort wieder Contact stattfindet. So wiederholt sich das Spiel fortwährend. Ein kleines Gewichtchen an einem Ansatz der Feder dient zur Regulierung der Kontaktdauer und damit der Schlagweite. Es wird einmal eingestellt und kann dann für immer, oder doch für eine lange Reihe von Versuchen stehen bleiben.

Man kann durch Zurückstellen der mit dem zweiten Contacte verbundener Schraube leicht den Unterbrecher zu der Leistung eines gewöhnlichen Wagnerschen Hammers bringen. Dreht man dann die Schraube zurück, so findet bei jeder Schwingung ein doppelter Contact statt. In der Sekunde findet dann also eine doppelt so häufige Unterbrechung, eine um Doppelte größere Menge von Funkenschlägen statt als beim gewöhnlichen Unterbrecher. Da aber durch den zweiten Contact eine Abkürzung der Schwingung überhaupt stattfindet, so arbeitet der neue Unterbrecher mit mehr wie der doppelten Frequenz. Dass es leicht ist, auch während des Arbeitens von der gewöhnlichen Frequenz zur doppelten überzugehen, ist leicht ersichtlich.

Lässt man die Feder mit halber Schnelligkeit arbeiten, so arbeitet der Unterbrecher mit gerade so großer Frequenz, wie der einfache Platinunterbrecher bei doppelter Feder- geschwindigkeit. Aber es wird bei dem neuen Systeme immer abwechselnd das eine und das andere Platinstückchen benutzt, bei gleicher Leistung kommt also jedes nur halb so oft zum Contact und wird nur halb so sehr erhitzt. Bei gleichem Gebrauche beträgt daher die

Lebensdauer die doppelte des einfachen Unterbrechers. Ebenso wird durch die geringere Abnutzung an den Kontaktstellen und die geringe Erwärmung die Gleichmäßigkeit der Unterbrechung befördert. Schliesslich teilt der neue Unterbrecher auch nicht den Fehler des Deprez-Interruptors, der Intensität der Entladung Eintrag zu thun.

Die Firma E. Leybolds Nachfolger in Köln am Rh., welcher ich das Recht der alleinigen Fabrikation übertragen habe, ist gerne bereit, an Induktorien diesen neuen Unterbrecher zu montieren und rüstet ihre Apparate mit demselben aus.

### Für die Praxis.

Singende Flammen und Röhren. Von Dr. Geschöser in Öls. Lässt man Leuchtgas durch ein spitz ausgezogenes Glasrohr gegen ein Drahtnetz strömen, so kann man das Gas über dem Drahtnetz anzünden. Nähert man das Drahtnetz dem Glasrohr bis auf eine geringe Entfernung von der Öffnung, so kann man deutlich einen doppelten Flammenkegel unterscheiden, einen stärker leuchtenden inneren und einen schwächer leuchtenden äusseren. Entfernt man das Drahtnetz langsam, so wird der innere Flammenkegel immer kleiner und gerät in schnelle, zuckende Bewegung. Wenn er fast ganz verschwindet, werden die Zuckungen so schnell, dass man sie kaum noch mit dem Auge verfolgen kann. Zugleich tritt ein ziemlich lautes, schwirrendes Geräusch auf. Entfernt man das Drahtnetz noch weiter, so verschwindet der innere Flammenkegel ganz, und das Geräusch hört auf. Dieses Schwirren der Flamme entsteht durch rasch aufeinanderfolgende kleine Explosionen des mit atmosphärischer Luft gemischten Gasstromes. Dass es nur in einer ganz bestimmten Entfernung von der Öffnung des Glasrohres am lautesten ist, erklärt sich so, dass unterhalb dieses Punktes der Gasstrom zu wenig, und oberhalb dieses Punktes zu viel Luft mitreißt. Gerade an der Stelle, an der dasjenige Mischungsverhältnis von Luft und Leuchtgas erreicht ist, das die kräftigste Explosion giebt, tritt das schwirrende Geräusch auf. Man legt nun das Drahtnetz auf einen Ring des Bunsenschen Universalstativs, befestigt darunter das Glasrohr, dem das Gas entströmt, zündet den Gasstrom über dem Netz an und verschiebt dieses, bis das Schwirren der Flamme recht deutlich hörbar wird. In dieser Lage wird der Ring mit dem darauf liegenden Netz festgeklemmt. Hierauf werden Glasröhren auf das Drahtnetz gerade über die Flamme gestellt. Die Röhren fangen sofort an zu singen.

Wird der Versuch in dieser Weise angestellt, so sieht man ganz klar, dass das Singen der Röhre durch schnell aufeinanderfolgende Explosionen der Flamme hervorgebracht wird. Aus dem Tongewirr, aus dem sich das schwirrende Geräusch zusammensetzt, wählt die Röhre den ihr zusagenden Ton aus und lässt ihn durch Resonanz laut ertönen; nur so lässt es sich erklären, dass durch ein und dieselbe Flamme Röhren von ganz verschiedener Länge zum Tönen gebracht werden. Nun kann man aber mit dieser Flamme auch einerseits geschlossene Röhren singen lassen. Da das Gas schon mit dem zum Brennen nötigen Sauerstoff an dem Drahtnetz ankommt, so brennt es auch weiter, wenn man einen oben geschlossenen Cylinder darüber stülpt. Ich benutze hierzu die Cylinder, die beim chemischen Unterricht zum Auffangen der Gase dienen. Diese Cylinder geben starke, tiefe Töne. Die Töne schwellen bisweilen kräftig an und verschwinden öfters fast vollkommen, eine Erscheinung, die offenbar auf Interferenz beruht. Verwendet man nacheinander einen Cylinder und eine offene Röhre von gleicher Länge, so kann man zeigen, dass die offene Röhre die Oktave von dem Tone des Cylinders giebt.

Die Versuche mit den Cylindern gelingen nicht gut, wenn das Leuchtgas unter zu geringem Druck ausströmt. So sprachen bei meinen Untersuchungen die offenen Röhren immer an, die Cylinder aber nur des Abends, wenn ein gröfserer Druck im Gasometer der Gasanstalt herrschte. Natürlich kann man für die vorhergehenden Versuche auch einen Strom von Wasserstoff verwenden.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Akustische Schulversuche.** In der Programmabhandlung der Großh. Hess. Realschule zu Bingen a. Rh. 1898 (Pr.-No. 674) beschreibt Dr. A. KÖHLER u. a. einen vereinfachten Töplerschen Flammenzeiger.

Ein Glasrohr von 5–6 mm Weite und der anderthalbfachen bis doppelten Länge der zu benutzenden Orgelpfeife wird an dem einen Ende in eine Spitze von ca. 1 mm Weite ausgezogen. Es wird dann auf einem Brett mit zwei Drähten in wagerechter Lage so befestigt, daß an dem nicht zugespitzten Ende ein Stück von der Länge der Pfeife frei über das Brett hinaussteht. Vor die Spitze kommt dann ein kleiner Gasbrenner, der aus einem rechtwinklig gebogenen Glasröhrchen besteht, das mittels eines Korks auf einem mit Blei beschwerten Brettchen befestigt ist. Der senkrecht stehende Teil des Röhrchens ist in eine Spitze von ca. 3 mm Durchmesser ausgezogen, aus der die Flamme herausbrennt. Man läßt nun die Flamme 1–2 cm hoch brennen und stellt den Apparat so auf, daß die Öffnung des Brenners etwas tiefer steht als die Spitze des langen Glasrohrs; der Abstand beider Spitzen soll ca. 5 mm betragen. Schiebt man nun die Pfeife so über das Glasrohr, daß dessen offenes Ende in die Mitte der Pfeife kommt, so wird die Flamme, wenn die Pfeife ihren Grundton giebt, stark zur Seite geblasen; ruft man durch starkes, stoßweises Blasen den Oberton hervor, so bleibt die Flamme fast in Ruhe. Schiebt man die Pfeife so weit zurück, daß das Ende des Glasrohrs gerade in das offene Ende der Pfeife zu liegen kommt, so wird die Flamme durch den Grundton und den Oberton nur wenig beeinflusst, weil beide hier Bäuche haben. Auch auf die Knoten des ersten Obertons kann man das Ende der Glasröhre einstellen und zeigen, daß die Flamme dann weggeblasen wird.

Daß die Bewegung der Luft an den Schwingungsbäuchen die Flamme nicht merklich beeinflusst, zeigt man, indem man den Brenner ohne das lange Rohr dicht vor das offene Ende der Pfeife stellt.

Auch den Knoten am geschlossenen Ende des Resonanzkastens einer Stimmgabel ( $n = 256$ ) kann man mit dem Apparat leicht nachweisen, wenn auch die Flamme nicht so stark wie bei der Pfeife weggeblasen wird.

Fertigt man einen auf die offene Pfeife passenden, in der Mitte durchbohrten Deckel an — aus zwei zusammengeleimten Brettchen, von denen das eine gleich dem inneren, das andere gleich dem äußeren Querschnitt der Pfeife ist, — in dessen Bohrung das Glasrohr ziemlich gut hineinpaßt, so kann man auch die Knoten einer gedackten Pfeife nachweisen. Eine gewöhnliche offene Pfeife ist allerdings dann zu eng im Verhältnis zu ihrer Länge und giebt deshalb nicht ihren Grundton als gedackte Pfeife, sondern den ersten Oberton.

Geht das Glasrohr nur eben durch den Deckel, so zeigt die Bewegung der Flamme den Knoten; liegt das Ende des Glasrohrs um ein Drittel der Länge der Pfeife vom geschlossenen Ende entfernt, so ist die Wirkung auf die Flamme gering, da hier ein Bauch liegt. Bringt man das Ende des Rohrs in eine Entfernung von  $\frac{2}{3}$  der Pfeifenlänge vom geschlossenen Ende, so läßt die Bewegung der Flamme den zweiten Knoten erkennen.

Stellt man den Apparat wieder so, daß das Ende des Glasrohrs eben in die Öffnung der Pfeife hineinreicht, und bläst dann die Pfeife an, während der Deckel möglichst weit von der Öffnung weggeschoben ist, so hört man den Grundton der offenen Pfeife, und die Flamme bleibt ruhig; schiebt man den Deckel auf die Öffnung, ohne sonst etwas zu ändern, so hört man den höheren Oberton (der gedackten Pfeife) und der Flammenzeiger wird weggeblasen.

Es ist zweckmäßig, den Flammenzeiger und das Rohr unverrückbar zu befestigen und über dem freien Ende des Rohres ein Pendelchen so aufzuhängen, daß man die Pfeife unter dem Pendelchen hindurch bequem über das Rohr schieben kann; das Pendelchen zeigt dann immer die Lage des offenen Endes des Glasrohrs in der Pfeife an.

An derselben Stelle ist auch ein einfaches Verfahren zur Erzeugung der Kundtschen Staubfiguren beschrieben. Diese Figuren lassen sich in dem von Weinhold an-

gegebenen 120 cm langen Rohr auch ganz gut mit einer kleinen zinnernen Pfeife von 3–4 cm Länge herstellen, wenn man sie so vor dem offenen Ende der Röhre anbläst, daß der Luftstrom nicht gerade in die Röhre hineingeht. Am offenen Ende der Röhre wird allerdings der Staub doch weggeblasen, aber in der Nähe des geschlossenen Endes bekommt man hübsche Wellen, durch deren Messung man nachweisen kann, daß die Länge des Pfeifchens  $\frac{1}{4}\lambda$  ist. Die Holzkugel oder Erbse, die gewöhnlich in den Pfeifchen liegt, entfernt man am besten, um einen reinen Ton zu bekommen.

Für die Meldeschen Stimmgabelversuche empfiehlt der Verfasser, falls keine passende Stimmgabel vorhanden ist, einen einfachen Eisenstab (der von ihm benutzte war 349 mm lang, 25 mm breit und 4 mm dick).

Durch Versuche mit aufgestreutem Sand stellt man die Lage der Knoten fest, wenn der Stab mit freien Enden und 2 Knoten, 3 Knoten und 4 Knoten schwingt. Klemmt man den Stab nun zwischen zwei Brettchen, auf die je zwei dreikantige Gummi- oder Korkprismen so aufgeleimt sind, daß ihre freien Kanten den Stab gerade an den Knoten festhalten, so kann man den Stab bequem befestigen und durch Streichen eines der beiden zwischen den Brettchen hervorragenden Enden zum Tönen bringen. Um die Enden legt man dann ähnliche Drahtösen, wie sie für die Stimmgabel gebraucht werden. Läßt man den Stab mit einer verschiedenen Zahl von Knoten schwingen, so kann man durch Messen der Wellenlängen auf dem gleichen, jedesmal gleich stark gespannten Faden wohl auch die Schwingungszahl der Obertöne annähernd bestimmen.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Elektrische Wellen.** Eine erneute Messung elektrischer Wellenlängen mittels der Quinckeschen Interferenzröhre unternimmt P. DRUDE (*Wied. Ann.* 65, 181; 1898). Der in dieser Zeitschrift IX, 296 beschriebene Versuch V. v. Langs wird wiederholt und ergibt das merkwürdige Resultat, „daß die Länge der von einem Righischen Erreger entsandten Wellen, wenn man sie mit Hilfe einer Quinckeschen Interferenzröhre mißt, wesentlich von dem Durchmesser derselben beeinflusst wird“. Bei den Versuchen diene als Cohärer eine mit kleinen Eisenschrauben gefüllte Glasröhre; verschiedene Größe dieser Schrauben oder Variation der Länge des Cohärens hatte auf die Wellenlänge keinen Einfluß. Auch die Größe der Erregerkugeln war unwesentlich. Dagegen ergab eine Interferenzröhre von 4,7 cm Durchmesser eine Wellenlänge von 9 cm, eine gleichlange Röhre von 2 cm Durchmesser eine Wellenlänge von 4,5 cm. Die halbe Wellenlänge war etwa gleich dem Durchmesser der Interferenzröhre. Man erhält also das Resultat, daß, wenn ein Righischer Erreger an der einen Öffnung eines genügend langen Metallrohres angebracht ist, die aus dem anderen Ende austretenden Schwingungen eine Wellenlänge von etwa dem doppelten Durchmesser des Rohres besitzen. Es ist hiernach möglich, durch ein Rohr die Periode von elektrischen Schwingungen beliebig zu variieren. Sendet man die Wellen nach einander durch Metallrohre von verschiedenen Durchmessern hindurch, so verschwinden die Interferenzen fast ganz. Ein Trichter, auf die Einlaßöffnung eines Messingrohrs gesetzt, vernichtete die Wellen eines vor dem Trichter befindlichen Erregers vollständig.

Wie sehr elektrische Schwingungen beim Hindurchtreten durch metallische Massen von diesen beeinflusst werden, beobachtete DRUDE auch bei einer Reihe anderer Versuche, die er über die Absorptionsfähigkeit des Wassers anstellte (*a. a. O.* S. 499). Der mit Hohlspiegel und einem  $8\frac{1}{2}$  cm weiten Austrittsrohr versehene Erreger sandte langsamere Schwingungen aus als der Erreger ohne Hohlspiegel. Was die Absorptionsfähigkeit des Wassers anlangt, so war eine solche bei 60 cm Wellenlänge noch nicht nachweisbar. Mit abnehmender Wellenlänge  $\lambda$  fand der Verf. zunehmende elektrische Absorption, die im Gebiete  $\lambda = 10$  cm schon sehr merklich war. Schaltete man zwischen Erreger und Wassertrug eine Metallröhre, so wurde die Absorption größer als ohne Röhre, welche auch hier die Wellenlänge verkleinerte.

Den Einfluss, welchen Gröfse und Lage eines Spaltes auf einen hindurchziehenden Zug elektrischer Wellen ausübt, untersucht M. LATRILLE (*Wied. Ann.* 65, 408; 1898). In einer cylindrischen Blechkapsel befand sich der Cohärer zugleich mit einem Leclanché-Element; die Zuleitungsdrähte des Cohäriers führten zu einem Galvanoskop, welches ebenso wie die Drähte in Metall eingeschlossen war. Der Deckel des Blechgefäßes enthielt den Spalt, dessen Länge und Breite sich durch bewegliche Blechplatten mefsbar verändern liefs. Der Spalt konnte ferner gedreht werden. Bei paralleler Stellung von Cohärer und Spalt ging keine Energie hindurch; bei einem gewissen Winkel zwischen beiden gab das Galvanoskop einen Ausschlag, der bei senkrechter Stellung sein Maximum erreichte. Ein Spalt übt also auf eine elektrische Welle eine polarisierende Wirkung aus, so dafs hauptsächlich die zu ihm senkrechte Componente durchgelassen wird. Bei Vergrößerung der Länge nimmt die durchgehende Energie zuerst rascher, dann langsamer zu. Bei Vergrößerung der Breite findet das Umgekehrte statt. Der Cohärer spricht bei diesen Versuchen leichter an für elektrische Schwingungen, die ihm parallel, als für solche, die zu ihm senkrecht sind.

Eine Erweiterung der LATRILLE'schen Versuche giebt R. WAITZ (*Wied. Ann.* 66, 308). Die Platten eines Bjerknesschen Elektrometers waren durch ein horizontal liegendes Kupferrechteck, den Resonator, verbunden. Unter dem Elektrometer lagen, auch horizontal, zwei grofse Zinkbleche so nebeneinander, dafs zwei ihrer Längskanten einen 1–1,5 cm breiten Spalt zwischen sich liefsen. Unter den Spaltblechen stand der Hertz'sche Erreger; seine Längsrichtung war stets senkrecht zum Spalt. Durch besondere Verschlussstreifen wurde die Länge des Spaltes verändert; doch bildeten Funkenstrecke, Spaltcentrum und Mittelpunkt des Resonators stets eine gerade Linie. Als Mafs der durch den Spalt gehenden Energie dienten die ersten Ausschläge der Elektrometernadel. Der den Oscillator treibende Rühmkorff wurde stets genau gleiche Zeit, etwa 7 Sekunden geschlossen, was durch eine auf schiefer Ebene herabrollende Kugel, die auf ihrem Wege zwei Kontakte schlofs und öffnete, bewirkt wurde.

WAITZ fand nun, dafs „die Einführung des Spaltes zwischen Erreger und Resonator eine Verstärkung des Ausschlages am Elektrometer ergab, die bei passender Spaltlänge ein Maximum wurde“. Bei 20 cm Spaltlänge war der Ausschlag Null, nahm dann allmählich zu und erreichte bei 50 cm ein Maximum. Verlängert man den Spalt über 50 cm hinaus, so wird der Elektrometerausschlag wieder kleiner, und für eine Spaltlänge von 100 cm erreichte er wieder ein Minimum. Die Erklärung des Verf. ist folgende. „An den Rändern des Spaltes bildet sich eine stehende Welle aus, die durch die Dimensionen des Spaltes bestimmt ist; hat sie eine Länge, die gleich der Wellenlänge ist, die der Eigenschwingung des mit dem Resonator verbundenen Elektrometers entspricht, so wird dies ein Maximum des Ausschlages zeigen u. s. w.“ Bei 100 cm Spaltlänge schwingt der Spalt in zwei Abteilungen von je 50 cm Länge; der genau über der Spaltmitte liegende Resonator befindet sich daher in einem Schwingungsknoten und mufs ein Minimum des Ausschlages anzeigen. Bewegte man den Resonator jetzt nach dem Spaltende zu, so nahm der Ausschlag wieder zu und erreichte in 25 cm Entfernung von dem Ende — wo sich jetzt der Schwingungsbauch befand — auch wieder ein Maximum. Eine metallische Brücke, die jetzt über die Mitte des Spaltes gelegt wurde, liefs den maximalen Ausschlag bestehen; wurde sie aber bei 25 oder 75 cm aufgelegt, so wurde der Ausschlag Null.

Nach dem Angeführten bildet ein Spaltschirm vor dem Oscillator ein gutes Mittel, um störende Einflüsse abzuhalten und starke, reine elektrische Schwingungen auf der anderen Seite zu erhalten.

Versuche über Dispersion im elektrischen Spektrum beschreibt E. MARX (*Wied. Ann.* 66, 411; 1898). Der Verf. „sucht durch Messungen mit Wellenlängen von 54, 36 und 4 cm die bisher bekannten Daten der Brechungsexponenten einiger Substanzen so zu ergänzen, dafs der Verlauf der Dispersion im ganzen Spektrum deutlich erkannt werden kann“. Er benutzt die Methode von Drude (*diese Zeitschrift* IX 191) mit einigen Abände-

rungen. Die Zehndersche Röhre verbindet er einpolig mit einem kleinen Induktorium und regelt mittels eines eingeschalteten Flüssigkeitswiderstandes die Stromstärke so, daß der vordere Teil der auf den Drähten liegenden Röhre schwach leuchtet. Die Farbe der so erregten Röhre ist gelb, wird jedoch rotviolett, sobald sich die Röhre in einem Wellenbauch befindet. Namentlich bei absorbierenden Substanzen ließen sich bei dieser Anordnung viel mehr Wellen beobachten. Verf. beschreibt sehr ausführlich die Fehlerquellen der Methode. Als Resultat ergibt sich für Benzol bei einer Wellenlänge von 4 cm und der Temperatur  $19^{\circ}$   $n^2 = 3,83$  im Mittel, für  $\lambda = 36,5$  cm ist  $n^2 = 2,572$ , für  $\lambda = 53$  cm  $n^2 = 2,425$ . Eine Vergleichung der auch von anderen Beobachtern für andere Wellenlängen gefundenen Werte bei Benzol zeigt, daß  $n^2$  von 2,25 bei sehr großen Wellen (Nernst) bis zu 3,83 bei  $\lambda = 4$  cm (Marx) wächst, um dann wieder abzunehmen: in der D-Linie ist  $n^2 = 2,256$  (Rubens). Das elektrische Spektrum des Benzols zeigt also starke anomale Dispersion. Während im Gebiet des optischen und des Wärmespektrums die Absorption sehr gering ist, liegt am Anfang des elektrischen Spektrums ein Absorptionsstreifen von bedeutender Größe. Der Wert der Dielektrizitätskonstante ( $\epsilon = 2,25$ ) stimmt mit  $n^2$  für sehr kleine und sehr große Wellen überein, aber nicht für mittlere. Die Theorie bestätigt wohl den geringen Unterschied zwischen optischem Brechungsindex und  $\sqrt{\epsilon_{\infty}}$ , reicht aber nicht aus, die in dem mittleren Spektralgebiet auftretende anomale Dispersion befriedigend darzustellen.

Eine Drehung der Polarisationsebene elektrischer Wellen erzeugte IAGADIS CHUNDER BOSE (*Proc. of the Royal Society* 63, S. 146). Die Versuche über doppelte Brechung und Polarisation, welche Verf. mit seinem in dieser Zeitschrift X 149 beschriebenen Apparate angestellt hatte, sind in verschiedener Hinsicht erweitert worden. Da ein Buch elektrische Schwingungen senkrecht zu den Blättern hindurchläßt, parallele dagegen absorbiert, so konstruierte BOSE aus zusammengelegten Blättern Polarisationzellen, die, gleich Nicols, als Polarisor und Analysator dienen. Bringt man zwischen die „gekreuzten“ Zellen ein Bündel Jutefasern unter  $45^{\circ}$ , so machen sich die vorher verschwundenen elektrischen Wellen wieder an dem Cohärer bemerkbar; ist die Achse des Bündels parallel zu der Strahlenrichtung, so tritt die Depolarisation nicht ein. Von drei ähnlichen Jutebündeln wurde das eine unverändert gelassen, das zweite nach rechts und das dritte nach links gedreht. Das erste zeigte dann zwischen „gekreuzten“ Polarisationzellen keine Wirkung, während die gedrehten Bündel eine Drehung der Polarisationsebene nach rechts und nach links zur Folge hatten. Um die Drehung, wie sie bei Zuckerlösungen stattfindet, nachzuahmen, konstruierte BOSE Elemente oder „Moleküle“ von gedrehten Jutefasern und zwar sowohl nach rechts (positiv) als auch nach links (negativ) gedreht. Er brachte nun eine Anzahl der positiven Sorte in einer Reihe zwischen die gekreuzten elektrischen „Nicols“ und erhielt eine Wiederherstellung des Feldes. Dasselbe war bei der negativen Sorte der Fall. Mischte er eine gleiche Anzahl beider Sorten, so wurde das Feld nicht wiederhergestellt, da sich dann beide Rotationen aufhoben. Natürlich mußten hierbei beide Elemente in demselben Betrage gedreht sein. Die beiden Enden des Juteelements verhalten sich völlig gleich und zeigen keine Polarität, wie etwa magnetische Moleküle. „Moleküle“ derselben Art geben daher zusammen stets dieselbe Rotation.

Mit demselben Apparat gelang es BOSE (*a. a. O.* S. 152), das dunkle Kreuz, welches gekühltes Glas zwischen gekreuzten Nicols zeigt, auch für elektrische Strahlen nachzuweisen. Ein langer Streifen Papier war — wie bei dem Morsetelegraphen — in Form einer Scheibe aufgerollt und wurde so zwischen die „gekreuzten“ Polarisationzellen gebracht, daß die Ebene der Scheibe senkrecht zu der Strahlenrichtung stand. Ließ der Polarisor senkrechte, der Analysator wagrechte Schwingungen hindurch, so zeigte der Empfänger keine Wirkung, wenn die Papierscheibe in einer zu der Achse des Apparats senkrechten oder wagrechten Linie bewegt wurde; er sprach aber sofort an, wenn man die Bewegung nach der Seite hin vornahm. Die Scheibe wirkte also auf die elektrischen Wellen wie ein gekühltes Glas auf die optischen: es entstand ein für jene undurchlässiges Kreuz mit einem senkrechten und einem wagrechten Arm, während der Empfänger beim

Durchgang der Strahlen durch die Quadranten zwischen jenen Armen deutlich reagierte. Ähnliche Resultate erhielt BOSE mit Stanniolringen auf Glimmer sowie mit Querschnitten von Baumstämmen mit Jahresringen. Ein gegossener und in einer Kältemischung gekühlter Cylinder von Ebonit, ebenso verschiedene Mineralien, wie Stalaktit und Calciumkarbonat zeigten das dunkle Kreuz ganz analog den gekühlten Gläsern.

Eine Einwirkung elektrischer Wellen auf Entladungsröhren beobachtet RIGHI (*R. Acc. delle Scienze dell' Istituto di Bologna* 29 Maggio 1898; *Naturwiss. Rundschau* XIII 571). Evakuierte Röhren, in einen Stromkreis geschaltet, zeigen eine sofortige Steigerung der Stromintensität, wenn sie von elektrischen Wellen getroffen werden. In einigen kleinen Röhren beobachtete RIGHI, daß bei Einwirkung elektrischer Wellen das Kathodenlicht sich verschob, um nach Aufhören der Wellen seine frühere Lage wieder anzunehmen. Besonders deutlich zeigte dies eine Sorte Röhren mit scheibenförmiger Anode und drahtförmiger Kathode. Während das gewöhnliche Licht einen schwachleuchtenden Kegel mit der Anode als Basis bildete, wurde es durch Einwirkung einer Funkenentladung sofort hell und teilte sich in zwei durch einen dunkeln Raum getrennte Teile mit der charakteristischen Farbe des positiven und negativen Lichts. Das Galvanometer zeigt eine Zunahme der Stromstärke bis auf den dreifachen Betrag der frühern Intensität. Sobald die Funken aufhören, kehrt alles in den früheren Zustand zurück. Die Wellen brauchen gar nicht die Röhre selbst zu treffen, sondern nur den Stromkreis, in dem sie sich befindet; ja es genügt sogar, sie auf einen Kupferdraht wirken zu lassen, dessen Ende einen Punkt des Kreises berührt. Die Erscheinung rührt daher nicht von einer Wirkung der Wellen auf das verdünnte Gas, sondern von einer auf die Elektroden her.

Die beschriebenen Röhren lassen sich gut anstatt des Cohärens verwenden, dessen Wirksamkeit sie für kleine Wellen sogar übertreffen, während ihre Empfindlichkeit für große Wellen kleiner ist. Sie haben vor dem Cohärer den Vorzug voraus, daß sie ohne Erschütterung wieder in den Anfangszustand zurückkehren. Schk.

**Das Zeemannsche Phänomen.** Die Strahlung im magnetischen Felde untersuchte MICHELSON vermittels seines „Interferometers“ (*Phil. Mag.* 45, 348; 1898). Der zu untersuchende Strahl passiert zuerst ein Spektroskop, dann einen Spalt, der den zu prüfenden Teil des Spektrums aussondert. Die durch eine Linse parallel gemachten Strahlen fallen auf eine planparallele Glasplatte mit schwach versilberter Rückseite: der von dieser reflektierte und durchgehende Teil wird nach Reflexion an zwei Spiegeln in einem Beobachtungsfernrohr zur Interferenz gebracht. Die dabei entstehenden Interferenzringe sind verschieden deutlich je nach der relativen Entfernung der reflektierenden Spiegel. Die Abhängigkeit dieser Deutlichkeit der Streifen von der Entfernung der Spiegel stellt Verf. durch besondere Kurven dar. Diese Deutlichkeitskurven ändern sich, wenn die Flamme sich in einem magnetischen Felde befindet, und lassen ebenfalls erkennen, daß die Linie gespalten wird. Die Mittellinie eines „Triplets“ ist symmetrisch, der Abstand zwischen den Componenten ist ein Viertel oder ein Sechstel von dem der äußern Linien. Die Intensität der Componenten ist für verschiedene Spektrallinien verschieden; sie können selbst auch wieder als „Doublets“ oder „Triplets“ erscheinen. Wesentlich ist hier wie bei den ursprünglichen Untersuchungen Zeemanns, daß stets parallel dem Magnetfelde polarisierte Strahlen solche einschließen, die senkrecht zum Felde polarisiert sind.

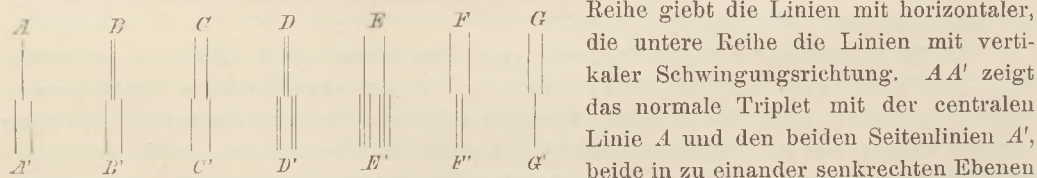
Im Gegensatz hierzu finden BECQUEREL und DESLANDRES (*C. R.* CXXVI, S. 997; 1898), daß eine Linie sich auch so teilen kann, daß die senkrecht zum Felde polarisierten Componenten die parallel dazu polarisierte Gruppe einschließen. Der benutzte Apparat war ein photographisches Spektroskop mit Rowlandschem Gitter, in welches die Strahlen senkrecht zum Magnetfelde einfielen und bei dem man das Spektrum vierter Ordnung verwandte. Als Lichtquelle diente ein zwischen den Polen eines Elektromagneten überspringender elektrischer Funken, dessen Bild durch ein Kalkspatrhomboëder hindurch auf den Spalt des Spektroskops fiel. Man erhielt auf diese Weise zwei in den beiden Hauptebenen des magnetischen Feldes polarisierte Funkenbilder über einander. Beide

wurden photographiert, und als drittes das Bild des Funkens ohne magnetisches Feld hinzugefügt. Unter den Spektren verschiedener Metalle, welche mittels dieses Verfahrens untersucht wurden, war das Spektrum des Eisens von besonderem Interesse. Die Verff. beschreiben genauer den zwischen den Wellenlängen  $0,387 \mu$  und  $0,382 \mu$  liegenden Teil des Eisenspektrums. Die meisten Linien dieses Intervalls zeigen Triplets, eine ( $\lambda = 0,38726 \mu$ ) ein Quartuplet, bei denen der Zeemannsche Effekt in der bekannten Form (senkrecht polarisierte Linien von parallel polarisierten eingeschlossen) beobachtet wird. Eine Linie ( $\lambda = 0,385 \mu$ ) zeigt gar keine Spaltung. Besondere Aufmerksamkeit verdient aber die Linie  $\lambda = 0,386565 \mu$ , welche, entgegengesetzt den anderen Linien, eine Verdoppelung in dem senkrecht zum Felde polarisierten Spektrum zeigt, während sie in dem parallel polarisierten kaum merklich verbreitert ist. Hier wird also eine parallel polarisierte Linie von zwei senkrecht polarisierten eingeschlossen. Diese Beobachtung zeigt, daß zwischen den Linien desselben Spektrums bisher unbekanntes Verschiedenheiten bestehen müssen und eröffnet eine neue Welt von Thatsachen, von hohem Interesse für Physik, Chemie und Astronomie.

Eine Fortsetzung der Versuche in sehr intensiven Magnetfeldern bis zu 35000 C. G. S.-Einheiten (*C. R. CXXVII, 18; 1898*) zeigte ebenfalls, wie verschiedenartig das Zeemannsche Phänomen auftritt. Die Verff. untersuchten die Bandenspektren von Kohlenstoff, Cyan und Stickstoff und fanden selbst in den stärksten Feldern nicht die geringste Verdoppelung der die Banden zusammensetzenden Linien; im Gegensatz hierzu waren die Linien des Luftspektrums sehr auffallend geteilt. Es scheint also ein wesentlicher Unterschied zwischen Banden- und Linienspektrum zu bestehen. Das Eisenspektrum wurde in dem starken Felde von  $\lambda = 0,5 \mu$  bis  $0,22 \mu$  untersucht; die Linien erschienen dabei in einer ganzen Anzahl verschiedener Typen. Die meisten zeigten die einfache Zeemannsche Dreiteilung, andere die Michelsonsche doppelte Dreiteilung, andere eine vier-, ja fünffache Teilung. Bei einigen Linien schliesen die senkrecht zum Felde polarisierten die parallel polarisierten ein, bei andern ist das Umgekehrte der Fall. Einige Linien werden vom Felde gar nicht beeinflusst, während ganz benachbarte Linien stark gespalten sind. Die Untersuchungen wurden ange stellt sowohl für Strahlen, die senkrecht, als für solche, die parallel zum Magnetfelde einfielen.

Die in der Gegend des Ultravioletten beobachteten Verdoppelungen sind im Mittel beträchtlich kleiner als die in der blauen Region. Die Erscheinung scheint sich also mit der Wellenlänge zu vergrößern. Prüft man die benachbarten Linien einer Region, die besonders reich daran ist, so erkennt man, daß sich diese Linien in besondere Gruppen bringen lassen, bei denen sich die Verdoppelungen verhalten wie die Zahlen 1, 2, 3, 4 u. s. w. und — in derselben Gruppe — nahezu proportional sind dem Quadrat der Wellenlänge. Die Verteilung der Spaltungen zeigt also eine Art von Periodicität. Nach den theoretischen Erwägungen der Verfasser würde die Veränderung, welche jede Linie dieser Gruppen unter dem Einfluß des Feldes erfährt, entsprechen derselben Änderung in der Zahl der Lichtschwingungen, die in der gleichen Zeit ausgesandt werden.

Eine Zusammenstellung der verschiedenen Erscheinungsformen des Zeemannschen Phänomens giebt PRESTON in der *Nature* vom 5. Jan. 1899. In der Figur sind die verschiedenen polarisierten Componenten getrennt übereinander gezeichnet: die obere



Reihe giebt die Linien mit horizontaler, die untere Reihe die Linien mit vertikaler Schwingungsrichtung.  $AA'$  zeigt das normale Triplet mit der centralen Linie  $A$  und den beiden Seitenlinien  $A'$ , beide in zu einander senkrechten Ebenen polarisiert. Dieser Typus existiert in dem bei weitem größten Teile der Spektrallinien. In dem zweiten Typus  $BB'$  ist die mittlere Linie wieder in zwei geteilt; ein solches Quartet zeigen z. B. die blaue Cadmiumlinie 4800 und die blaue Zinklinie 4722. Bei  $CC'$  sind die mittleren Linien weiter von einander entfernt, und das Ganze erscheint dem Auge wie zwei Doublets.

Die Natriumlinie  $D_1$ , die grünblaue Bariumlinie 4934 und viele andere zeigen diesen Typus. Der vierte Typus  $DD'$  ist ein Sextet von gleich entfernten Linien; es ist ein normales Triplet, bei dem jede Componente wieder verdoppelt ist. Dieses zeigt sich bei der Natriumlinie  $D_2$ . In dem fünften Typus  $EE'$  ist die centrale Componente verdoppelt, jede der Seitencomponenten verdreifacht. Der Zwischenraum zwischen den Componenten des centralen Doublets ist in diesem Falle ungefähr derselbe wie der zwischen den centralen Theilen der seitlichen Triplets. Dieser Typus ist in der gelben Bariumlinie 5850 vertreten. Alle in den Figuren  $A$  bis  $E$  enthaltenen Variationen können unter dem Gesichtspunkt aufgefaßt werden, daß jede Linie des normalen Triplets  $AA'$  selbst wieder verdoppelt oder verdreifacht werden kann. Die Typen  $FF'$  und  $GG'$  zeigen die von Becquerel und Deslandres entdeckten Erscheinungen, daß die horizontal schwingenden Componenten die vertikal schwingenden einschließen. Verstärkung des magnetischen Feldes erzeugt bei allen Typen Vergrößerung des Abstandes der Linien von einander.

PRESTON entwickelt dann einige theoretische Anschauungen über das Zeemannsche Phänomen. Für die Annahme, daß das Teilchen, welches die Lichtbewegungen vermittelt, frei nach allen Richtungen schwingt, zeigt die Theorie unter dem Einfluß eines magnetischen Feldes die Entstehung des normalen Triplets. Durch Einwirkung störender Kräfte werden die Vibrationsbewegungen wesentlich verändert. Beschreibt z. B. ein Teilchen unter dem Einfluß einer centralen Kraft eine Ellipse mit der Schwingungszahl  $N$ , und es bewirken störende Kräfte eine Drehung der Apsidenlinie mit der Schwingungszahl  $n$ , so wird, wie bereits Stoney (*Trans. Roy. Dub. Soc. IV, 563; 1891*) gezeigt hat, eine Spektrallinie von der Schwingung  $N$  ersetzt durch zwei andere von den Schwingungszahlen  $N+n$  und  $N-n$ . Jede Linie des normalen Triplets kann ebenso durch besondere Störungen selbst wieder verdoppelt oder verdreifacht werden. Wenn die störenden Kräfte durch Verstärkung des magnetischen Feldes wachsen, werden auch die Distanzen zwischen den Linien zunehmen, wie es die Erfahrung bestätigt. Man kann die Distanz  $d_1$  zwischen den Seitenlinien des Triplets  $AA_1$  ausdrücken durch  $d_1 = k_1 H$ , wo  $H$  die Feldstärke,  $k_1$  eine von der Wellenlänge und anderen Eigenschaften der betreffenden Spektrallinie herrührende Constante ist. Die Distanz  $d_2$  der veränderten Centralcomponente in  $B, C$  u. s. w. kann entsprechend  $d_2 = k_2 H$  geschrieben werden. Nimmt man die Distanzen  $d_1$  und  $d_2$  für die unteren und die oberen Componenten derselben Linie, so kann  $k_1$  sehr wohl größer oder auch kleiner als  $k_2$  sein. Die Verschiedenheiten dieser Constanten ergeben dann alle besprochenen Typen. In dem Typus  $FF'$  ist  $d_2$  größer als  $d_1$ . Im Falle  $GG'$  fallen die Seitencomponenten zusammen, während die Componenten des centralen Theils deutlich getrennt sind. Die neuen Beobachtungen von Becquerel und Deslandres sind hiernach auch besondere Fälle des normalen Triplets.

PRESTON erwähnt noch einige neuere Untersuchungen, die Michelson in dem *Astro-Phys. Journal* (Vol. VIII, 43; 1898) veröffentlicht hat. Mit dem oben erwähnten Interferometer, sowie mit einem neu construierten Spektroskop stellte dieser fest, daß die durch das magnetische Feld erzeugte Trennung der Componenten in den Triplets unabhängig ist sowohl von den Spektrallinien selbst als auch von der Substanz. Eine gewöhnliche Spektrallinie besteht möglicherweise auch schon aus zwei oder mehr nahe benachbarten Linien, deren Trennung in gewöhnlichen Spektroskopen nicht gelingt. Nimmt man an, daß diese Vervielfachung durch kleine Störungen, veranlaßt durch Ereignisse innerhalb des Moleküls, eintritt, so ist klar, daß größere, durch das magnetische Feld erzeugte Störungen die schon im freien Felde vorhandenen vergrößern oder verkleinern können. So fand Michelson z. B. die gelbe Kupferlinie ohne Feld als aus zwei sehr nahen Linien zusammengesetzt, deren Abstand  $\frac{1}{150}$  der Distanz der  $D$ -Linien war. Im magnetischen Felde näherten sich die Linien, und in einem sehr starken Felde wurde daraus eine einzige sehr feine Linie. Die gelbgrüne Manganlinie ist ohne Feld vierfach und wird in einem starken Felde auch zu einer einzigen Linie reduziert. In diesen Fällen wäre also die Wirkung des Magnetismus auf die Spektrallinien gerade die umgekehrte wie sonst.

In einer ganz anderen Weise als bisher macht RIGHI (*Berliner Akademie-Berichte XXXIX S. 600; 1898*) das Zeemannsche Phänomen sichtbar, indem er die Absorption des Lichts durch einen in einem Magnetfeld befindlichen Körper untersucht. Ein intensiver polarisierter Lichtstrahl läuft längs der Achse eines Rühmkorffschen Apparats parallel zu den Kraftlinien. Zwischen den Polen des Magneten befindet sich eine Natriumflamme. Ein analysierendes Nicol hat die Extinktionsstellung. Wird der Elektromagnet erregt, so erscheint ein gelber Lichtfleck, der in einem Spektroskop betrachtet das Emissionsspektrum des Natriums zeigt. Dreht man den Analysator, so verschwindet das gelbe Licht nicht, sondern geht mit wachsender Intensität in weißes Licht über. Dieser Versuch ist ein Beweis für das Zeemannsche Phänomen. Die Natriumflamme absorbiert nach der Erregung des Magneten nicht mehr Licht von der Wellenlänge  $N$ , sondern statt dessen rechts- und linkszirkularpolisiertes von den Wellenlängen  $N_1$  und  $N_2$ , die der Analysator nicht auslöscht. Schon ein schwaches Magnetfeld genügt für den Versuch; mittels eines Chromsäure-Elements liefs sich die Erscheinung sichtbar machen. Lithium und Thallium ergaben dasselbe Resultat wie Natrium.

Mit dieser Methode läfst sich das Zeemannsche Phänomen auch bei Körpern erkennen, an denen es sonst nicht nachgewiesen worden ist. So erhielt RIGHI, wenn er ein Röhrchen von Untersalpetersäuregas in den Gang der Lichtstrahlen brachte, bei Erregung durch den Magneten blaugrünes Licht, das zu dem von dem Gase sonst durchgelassenen Licht complementär ist. Drehung des Analysators brachte wieder die rotgelbe Farbe hervor. Ein eingeschaltetes Spektroskop zeigte, daß das Spektrum des blaugrünen Lichts complementär ist zu dem Absorptionsspektrum der Untersalpetersäure. Beim Drehen des Analysators geht das erste Spektrum durch ein kontinuierliches Übergangsspektrum in das Absorptionsspektrum über. Man beobachtet also das Spektrum, welches das Gas bei eigener Lichtemission darbieten würde. Derselbe Versuch gelingt mit Natrium, das in einer Wasserstoffatmosphäre verdampft wird. Bei Erregung des Magneten sieht man im Spektroskop das Emissionsspektrum des Natriums. Beim Drehen des Analysators wird das Spektrum zuerst kontinuierlich, dann erscheint die breite Absorptionslinie des Natriums.

Die beschriebenen Erscheinungen kommen nur zu Stande, wenn die Kraftlinien parallel zur Fortpflanzungsrichtung des Lichtes stehen. Stehen sie dazu senkrecht, so konnten die analogen Erscheinungen vorläufig nicht beobachtet werden.

Diese noch fehlende Ergänzung des RIGHI'schen Versuches ist CORRON gelungen (*C. R. CXXVII, 953; 1898*). Die Lichtstrahlen einer Bogenlampe passieren das magnetische Feld senkrecht zu den Kraftlinien, das polarisierende Nicol ist um  $45^\circ$  gegen die Horizontale geneigt. Im übrigen ist die Anordnung ähnlich der ersten Righischen. Die durch ein zweites Nicol ausgelöschte Natriumflamme erscheint wieder, sobald das Feld erregt ist. Wird dagegen das erste Nicol so gedreht, daß sein Hauptschnitt horizontal oder vertikal steht, so bleibt die Flamme ausgelöscht, auch wenn das Feld erregt ist. — Bringt man an Stelle der Natriumflamme ein kleines Gefäß mit Untersalpetersäuregas, so ist das Resultat dasselbe mit dem einzigen Unterschiede, daß man dann, unter Einwirkung des Feldes, die glühenden Kohlen der Bogenlampe in grünlicher Farbe (complementär zu der rötlichen des Gases) erblickt.

Eine andere Einwirkung des Magnetfeldes auf hindurchgehendes Licht beobachteten MACALUSO und CORBINO (*C. R. CXXVII, 548; 1898*). Ein durch ein Nicol polarisiertes Bündel Sonnenlicht durchsetzt das magnetische Feld eines Rühmkorff, dann ein zweites Nicol, eine Cylinderlinse und ein concaves Rowlandsches Gitter. Mit einem mit Mikrometer versehenen Okular wird das Spektrum zweiter Ordnung beobachtet. Man bringt nun zwischen die Pole des noch nicht erregten Elektromagneten eine Bunsenflamme mit Kochsalzperle und macht durch passende Anordnung die beiden Absorptionslinien  $D_1$  und  $D_2$  möglichst breit. Schließt man jetzt den Strom (Feldstärke 4000—5000 C. G. S.), so zeigen sich auf jeder Seite der beiden  $D$ -Linien parallele, abwechselnd helle und dunkle Streifen, die beim Drehen des Analysators ihre Plätze wechseln, wobei die Achse jedes Streifens der



Stromrichtung folgt. Die genauere Prüfung zeigt, daß die ursprüngliche Polarisationssebene eine gegen den Rand jeder Linie hin wachsende Drehung erleidet; am Rande beträgt diese Drehung gegen  $270^\circ$ . Geht man im Spektrum von den Absorptionslinien entfernteren Punkten zu näheren, so zeigt sich die Drehung der Polarisationssebenen im Sinne des magnetisierenden Stromes, mit dessen Umkehrung sich ihre Richtung ändert. In gleichen Entfernungen rechts und links von der Linie sind die Drehungen gleich groß, und die neuen Polarisationssebenen einander parallel. Die relative Rotation nimmt mit der Annäherung an die *D*-Linien zu, sodafs die entfernteren Streifen noch breit sind, die näheren immer mehr aneinander rücken. Die Stelle des Spektrums, an der die Drehung beginnt, ist um so weiter von der Linie entfernt, je breiter diese ist. Ist die Linie zu schmal, so läßt sich das Phänomen nicht beobachten. Durch Vergrößerung der Feldstärke wird die Grenze, an der die Rotation beginnt, auch hinausgeschoben. Eine Prüfung mit dem Babinetschen Compensator zeigt, daß das Licht an den Rändern wenig breiter Linien cirkular, weiter elliptisch polarisiert ist, bei dem das Verhältnis beider Achsen rasch zu Null wird. Bei Verbreiterung der Linien verschwindet das cirkulare Licht und das elliptische bleibt auf den Rand der Linie beschränkt, während sich die Drehung der Polarisationssebene über den Rand hinaus ausbreitet. Für das cirkulare sowohl als für das elliptische Licht ist die Drehungsrichtung des leuchtenden Teilchens an dem weniger brechbaren Rande dieselbe wie die des magnetisierenden Stromes, am anderen Rande umgekehrt. — Analoge, aber weniger deutliche Erscheinungen wurden mit Lithiumdampf beobachtet.

Die Erscheinungen lassen sich durch die Annahme erklären, daß der polarisierte ursprüngliche Strahl aus zwei entgegengesetzt cirkularpolarisierten besteht, die sich unter der Einwirkung des Feldes mit verschiedenen Geschwindigkeiten im Natriumdampfe fortpflanzen, wobei sich der Unterschied der Geschwindigkeit rasch mit dem Wachsen des Unterschiedes zwischen der Periode der einfallenden Schwingung und der der Absorption verringert.

Einige weitere Versuche über die beschriebene magneto-optische Erscheinung hat BECQUEREL angestellt (*C. R. CXXVII, 647; 1898*). Wenn beide Nicols parallel sind, so ändert sich Aussehen und Stellung der Streifen nicht mit der Umkehrung der Stromrichtung, Dasselbe ist bei gekreuzten Nicols der Fall; nur ist die Erscheinung dann viel auffallender, indem neben den nur schwach sichtbaren *D*-Linien auf jeder Seite die sehr hellen Streifen auftreten. Sind die Nicols um  $45^\circ$  zu einander geneigt, so ändert sich Aussehen und Stellung der Streifen je nach der Richtung des Stromes und der Drehung der Nicols. — Wenn man diese im Sinne der magnetischen Rotation dreht, so nähern sich die dunkeln Streifen den *D*-Linien, während sie sich bei entgegengesetzter Drehung entfernen. — Es zeigte sich ferner, daß die Entfernung der um  $D_1$  liegenden Streifen wesentlich von den um  $D_2$  liegenden verschieden ist. Diese Verschiedenheit der beiden *D*-Linien wurde schon beim Zeemannschen Phänomen beobachtet.

Aus den Beobachtungen folgt, daß gewisse glühende Dämpfe für Strahlen, die den von ihnen absorbierten sehr nahe sind, ein bedeutendes magnetisches Drehungsvermögen besitzen, welches das entsprechende Vermögen der den Absorptionsstreifen entfernteren Strahlen um das 50 000-, 100 000-, ja vielleicht noch mehrfache übertrifft. Eine solche Zunahme des magnetischen Drehungsvermögens für nahe den Absorptionsstreifen liegende Wellenlängen ist schon von COTTON an einigen absorbierenden Flüssigkeiten beobachtet worden. Sie hängt zusammen mit der raschen Änderung des Brechungsexponenten bei diesen Strahlen, die zugleich Ursache der anomalen Dispersion ist. BECQUEREL entwickelt einige theoretische Anschauungen über das Phänomen, gegen die Macaluso und Corbino selbst in einer späteren Arbeit (*C. R. CXXVII 951*) bemerkenswerte Einwendungen erheben, sodafs wir sie hier übergehen. Der Versuch zeigt jedenfalls die tiefen Störungen, welche die Fortpflanzung des Lichts durch die eigenen Bewegungen der durchsichtigen Medien erfährt, sobald diese sich in fast gleichem Schwingungszustande mit dem Lichtstrahl befinden.

Die eben beschriebene Erscheinung wird in dem bereit oben citierten Aufsätze von COTTON mit dem Righischen Versuch in Verbindung gebracht. Danach kommt, wenn

die Strahlen parallel den Kraftlinien verlaufen, zu dem Zeemannschen Phänomen das Faradaysche Phänomen, die magnetische Drehung der Polarisationssebene hinzu. Diese Drehung ist besonders groß in der Nähe der Linien und vermittelt ebenfalls die Aufhellung des Gesichtsfeldes. Sind die Strahlen dagegen senkrecht zu den Kraftlinien, so bleibt allein das Zeemannsche Phänomen übrig.

Dafs der Righische Versuch nicht durch das Zeemannsche Phänomen allein erklärt wird, sondern dafs die zugleich auftretende Drehung der Schwingungen dabei mit einer Rolle spielt, wird auch von RIGHI selbst (*C. R. CXXVIII, 46; 1899*) zugegeben. Er erwähnt hier noch, dafs bei Untersalpetersäuregas die Farbe des erscheinenden Lichts nicht genau, sondern nur annähernd complementär ist zu der, die der absorbierende Körper durchlässt. Mit geringen Dicken (einige Millimeter bis 1 cm) des angewandten Dampfes gelang es RIGHI auch, die Erscheinung bei Joddampf, wo die Farbe himmelblau, bei Bromdampf, wo sie blaugrün ist, ebenso bei Jodbromür, -chlorür, Selentetrabromür zu beobachten. Wahrscheinlich besteht das Zeemannsche Phänomen für alle Dämpfe; aber es bedarf sehr starker Magnetfelder, um es wahrzunehmen. Schk.

**Untersuchungen im ultraroten Spektralgebiet.** Von H. RUBENS und E. ASCHKINASS (*Wied. Ann. LXIV, 584, 602; LXV, 242*). Wie RUBENS und NICHOLS nachgewiesen haben (*vergl. d. Ztschr. X 99*), lässt sich durch mehrfache Reflexion an Flussspatflächen ein Strahlencomplex von der mittleren Wellenlänge  $\lambda = 24,4 \mu$  aussondern, der eine sehr geringe Absorption durch Wasserdampf und Kohlensäure erfährt. Während etwaige andere ultrarote Strahlen der Sonne ganz von der Atmosphäre absorbiert werden, war jetzt zu untersuchen, ob nicht etwa Strahlen jenes Complexes in der Sonne zu finden seien. Das Ergebnis war negativ: viermal an Flussspatflächen reflektierte Sonnenstrahlen übten auf eine Thermosäule keinen Einfluss aus, während dies die Strahlen eines Zirkonbrenners sofort thaten. Eine wiederholte Untersuchung der Absorption jener Strahlen durch Wasserdampf zeigte, dafs sie bei einem Durchgange durch ein 40 cm langes mit Wasserdampf gefülltes Rohr 31 Prozent ihrer ursprünglichen Intensität einbüfsten. Dieses Absorptionsvermögen des Wasserdampfs ist auch genügend groß, um die Erdatmosphäre für die Strahlen undurchlässig zu machen. Dafs der Wasserdampf die Strahlen von der Wellenlänge jener Reststrahlen auch emittiert, konnten Verf. ebenfalls nachweisen: der Ausschlag, den die von einer erhitzten Eisenröhre ausgesandten Strahlen bei einer Thermosäule verursachten, wurde gröfser, wenn man Wasserdampf durch die Röhre leitete. Der Versuch zeigte ferner, dafs auch in dem Spektrum des Bunsenbrenners sowohl die Reststrahlen des Flussspats als auch die des Quarzes enthalten sind. Dies führte zu einer Untersuchung der Emission des Bunsenbrenners im ultraroten Spektralgebiet. Die Beobachtung der Energie geschah mit Hilfe der für derartige Messungen konstruierten linearen Thermosäule (*d. Ztschr. XI 126*). Fremde Strahlen aus dem kurzwelligen Spektralgebiet, die bei diesen Messungen oft sehr störend sind, konnten durch einen Flussspatschirm abgeblendet werden. In dem Gebiete von  $\lambda = 1 \mu$  bis  $\lambda = 9 \mu$  zeigte die Energiekurve mehrere mit einander abwechselnde Maxima und Minima; sie stimmten durchaus mit den von PASCHEN gefundenen Resultaten überein. Jenseits  $\lambda = 9 \mu$  ist die Emission mehr kontinuierlich; sie zeigt bei  $\lambda = 10,7 \mu$  ein Minimum, bei  $13,1 \mu$  ein wenig ausgeprägtes Maximum, und die Energiekurve nähert sich dann asymptotisch der Abscisse. Die von erhitztem Wasserdampf ausgehende Strahlung wurde durch Messung an einer Wasserstoffflamme untersucht; der Verlauf der Energiekurve war fast derselbe wie bei dem Bunsenbrenner. Kohlensäure wurde in einer glühenden Platinröhre erhitzt und zur Strahlung gebracht; es zeigten sich drei Maxima: bei  $\lambda = 4,4 \mu$ , bei  $2,7 \mu$  und bei  $14,1 \mu$ . Das letzte tritt bei der Emissionskurve des Bunsenbrenners wohl deshalb nicht hervor, weil es von dem nahe gelegenen, viel stärkeren Emissionsmaximum des Wasserdampfs überdeckt wird.

Im allgemeinen konnten die Messungen der Emission als nicht sehr exakt gelten; die Absorptionsmessungen bildeten daher eine gute Controlle. Hier diente ein Zirkonbrenner als Quelle der Strahlen, in deren Gang eine Wasserdampf- und Kohlensäureschicht eingeschaltet wurde. Der Wasserdampf ging in permanentem Strome durch eine 75 cm lange,

gufseiserne Röhre, die durch 4 Bunsensche Brenner auf über  $100^{\circ}$  erhitzt werden konnte. Die Kohlensäure strömte durch einen 30 cm tiefen Holzkasten, auf dessen Boden ein das Zirkonlicht reflektirender Hohlspiegel befestigt war. Die Ergebnisse der Messungen sind in den beifolgenden Kurven dargestellt (Fig. 1). Die Abscissen sind die Differenzen der Ablenkungswinkel gegenüber der Minimalablenkung für die Natriumlinie  $\alpha = \alpha_D - \alpha_{\lambda}$ , die Ordinaten werden gebildet durch die Menge der absorbierten Energie, wenn die einfallende Energiemenge gleich 100 gesetzt wird. Am oberen Rand der Figur sind die den verschiedenen Winkeln entsprechenden Wellenlängen angegeben. Der Wasserdampf zeigt zwischen  $\lambda = 9 \mu$  und  $\lambda = 11 \mu$  nur geringe Absorption; jenseits  $11 \mu$  beginnt diese zu wachsen und wird bei  $\lambda = 20 \mu$  nahezu vollständig. Zwischen  $11 \mu$  und  $20 \mu$  befinden sich außerdem noch sechs deutlich hervortretende Absorptionsmaxima. Solche Absorptionsbanden sind wahrscheinlich auch im Gebiet kürzerer Wellenlängen vorhanden, doch reicht hier die Dispersion des Sylvinsprismas nicht zur Trennung derselben aus. — Die Absorptionskurve für Kohlensäure zeigt, dass man es hier nur mit einem einzigen Absorptionsstreifen zu thun hat, dessen Maximum angenähert bei  $\lambda = 14,7 \mu$  liegt. Außerhalb dieses Bereiches war zwischen den Grenzen 8 und  $20 \mu$  nicht die geringste Absorption nachweisbar. Die Schärfe jenes Streifens ist so groß, dass er infolge des Kohlensäuregehaltes der Zimmerluft bei jeder Energiekurve deutlich hervortritt. Aus den mitgeteilten Beobachtungen geht jedenfalls hervor, dass die Erdatmosphäre für Strahlen von 12 bis  $20 \mu$  ebenso wie für  $24,4 \mu$  völlig undurchlässig sein muss.

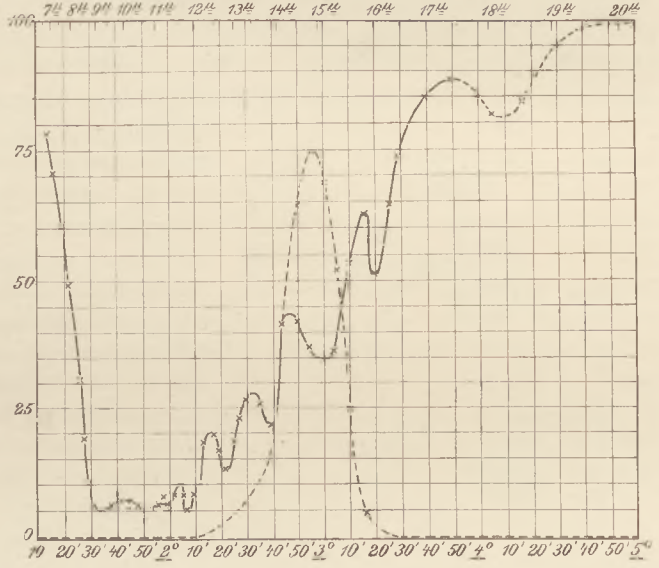


Fig. 1.

Die Verf. untersuchten auch die Durchlässigkeit des Wassers und einiger anderer Flüssigkeiten für die Reststrahlen des Flußspats. Die Strahlen eines Zirkonbrenners wurden durch einen Planspiegel auf die Oberfläche einer Quecksilberschicht geworfen, von dieser unter einem möglichst spitzen Winkel reflektiert und durch einen zweiten Planspiegel dann in den Kasten geworfen, der den Hohlspiegel, die vier reflektierenden Flußspatflächen und die Thermosäule enthielt. Nachdem bei dieser Anordnung die Intensität der Reststrahlen gemessen war, wurde das Quecksilber mit einer Wasserschicht von einigen Millimetern Dicke bedeckt und die Intensität der Strahlung abermals gemessen. Diese betrug jetzt nur wenige Prozente des früheren Wertes; das Absorptionsvermögen des Wassers ist also ein recht hohes. Da bei einer halb so dicken Wasserschicht der Ausschlag derselbe blieb, so kann man diesen als allein von der Reflexion an der Wasseroberfläche herrührend ansehen. Der aus dem Verhältnis der reflektierten zur auffallenden Energie nach der Fresnelschen Formel berechnete Brechungsexponent ist von derselben Größenordnung wie für das sichtbare Spektralgebiet; der für Hertz'sche Schwingungen gefundene hohe Wert  $n = 9$  muss also erst jenseits  $\lambda = 24 \mu$  eintreten. Von andern noch untersuchten Flüssigkeiten: Äthylalkohol, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Phenol und Xylol zeigte sich das Benzol als die durchlässigste von allen, dann folgten Schwefelkohlenstoff und Xylol. Diese drei Substanzen gehören derjenigen Klasse von Stoffen an, für die das Quadrat des nach der Cauchyschen Formel für unendlich lange Wellen extrapolierten Brechungsindex der Dielektrizitätskonstante annähernd gleich

ist. Das Phenol hat mit dem Benzol verglichen eine sehr geringe Durchlässigkeit; dieser Einfluss, den der Eintritt eines Hydroxyls an Stelle eines Wasserstoffatoms auf die Absorption ausübt, ist auch in andern Spektralgebieten beobachtet worden.

Noch größere Wellenlängen als die Reststrahlen des Flussspats ließen die in ähnlicher Weise erzeugten Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin erwarten. Das Gebiet metallischer Absorption liegt für Steinsalz zwischen 50 und 60  $\mu$ , für Sylvin zwischen 60 und 70  $\mu$ . Es gelang den Verff. auf diese Weise, noch erheblich weiter in das ultrarote Spektralgebiet vorzudringen. Als Strahlungsquelle diente ein Auerbrenner ohne Cylinder, der sehr reich ist an Strahlen großer Wellenlänge. Die durch einen Hohlspiegel  $C_1$  parallel gemachten Strahlen

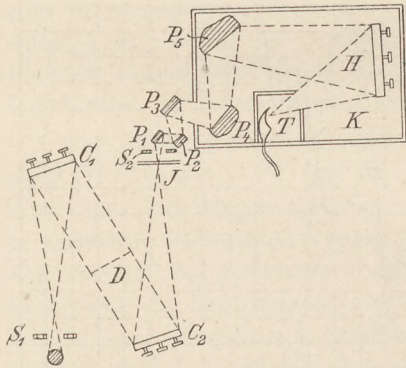


Fig. 2.

passierten (s. Fig. 2) das d. Ztschr. X 99 beschriebene Beugungsgitter  $D$  und wurden durch den Hohlspiegel  $C_2$  in den Okularspalt  $S_2$  geworfen; sie trafen dann auf 5 polierte Flächen von Steinsalz (bezw. Sylvin)  $P_1$  bis  $P_5$  und wurden zuletzt durch den Hohlspiegel  $H$  auf den Lötstellen des linearen Thermoelements  $T$  vereinigt. Der letzte Teil des Apparates befand sich in einem Holzkasten  $K$ , in den die Strahlen nach Aufziehen des Glasschirms  $J$  eintreten konnten. Gemessen wurde die Strahlung in dem Centralbild und in dem Beugungsbild erster Ordnung. Da die Beugungsbilder nur wenig breiter erschienen als das Centralbild, so hat man es mit einem sehr homogenen Strahlencomplex zu thun. Aus den Beobachtungen berechnete sich die mittlere Wellenlinie für Steinsalz zu 51,2, für Sylvin zu 61,1  $\mu$ . Die aus der Dispersionsformel berechneten Werte sind also um 9 bis 10 Prozent zu hoch.

Zur Messung der Absorption verschiedener Stoffe für diese Reststrahlen entfernten die Verff. das Spiegelspektrometer und schalteten die zu untersuchenden Körper in möglichst planparallelen Platten in den Strahlengang ein. Sylvin, Steinsalz und Chlorsilber, sowie Glas, Gyps und Kalkspat erwiesen sich für beide Strahlengattungen als völlig undurchlässig; dagegen zeigten Paraffin, Quarz, Fluorit, Guttapercha, Kautschuk beträchtliche Durchlässigkeit, die für die Reststrahlen des Sylvins noch bedeutend größer war als für die des Steinsalzes. Auch Glimmer und Fischblase waren in dünnen Schichten sehr durchlässig; durch Fischblase von 0,03 mm Dicke gingen noch etwa  $\frac{2}{3}$  der Strahlen hindurch. RUBENS und ASCHKINASS konstruierten daher für Flüssigkeiten ein Absorptionsgefäß, das aus einer U-förmig geschnittenen 1 mm dicken Messingplatte bestand, die auf ihrer Vorder- und Rückseite mit Lamellen aus Fischblase bezogen war. Von den so untersuchten Flüssigkeiten zeigten Schwefelkohlenstoff, Benzol, Petroleum eine sehr große Durchlässigkeit für die Reststrahlen des Steinsalzes wie des Sylvins; Wasser, Alkohol und Äther waren völlig undurchlässig. Olivenöl absorbierte völlig die Reststrahlen von Steinsalz, ließ aber die Sylvinstrahlen zu beträchtlichem Teile hindurch. Das spricht dafür, daß Olivenöl vielleicht zwischen 50  $\mu$  und 61  $\mu$  anomale Dispersion besitzt, deren Vorhandensein im Ultrarot aus der Verschiedenheit zwischen seinem optischen Brechungsindex (2,20) und seiner Dielektrizitätskonstante (3,08) geschlossen werden muß.

Von einem Bunsenbrenner werden die Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin in beträchtlichem Maße ausgesandt. Kohlensäure absorbiert sie in einer Schicht von 40 cm Dicke nicht merklich, Wasserdampf dagegen fast vollständig, die Sylvinstrahlen noch mehr als die Steinsalzstrahlen. Das läßt vermuten, daß die Banden metallischer Absorption, welche die anomale Dispersion des Wassers hervorbringen, diesen Spektralgebieten nicht mehr fern liegen.

Die Verff. bestimmten auch das Reflexionsvermögen einiger Substanzen für die genannten Strahlen. Am größten ist dieses natürlich für Steinsalz und Sylvin selbst, dann folgten Flussspat, Quarz, Glimmer, Glas, Schwefel. Die daraus berechneten Werte von  $n^2$  lassen die Annäherung an die Dielektrizitätskonstante deutlich erkennen.

Die Wellenlänge der Sylvinstrahlen ( $61,1 \mu$ ) ist etwa 100mal so groß als die des roten Lichts und etwa 600mal größer als die der äußersten ultravioletten Strahlen ( $0,10 \mu$ ). Sie sind andererseits etwa 60–70mal kleiner als die kürzesten bisher erzeugten elektrischen Wellen (4 mm). Teilt man das Spektrum von  $0,1 \mu$  an in Oktaven, so liegen die Reststrahlen des Sylvins in der 10., die elektrischen Wellen von 4 mm in der 16. Oktave. Was das Absorptionsvermögen anlangt, so ist die Ähnlichkeit zwischen jenen Reststrahlen und elektrischen Wellen bereits unverkennbar, da die besten Isolatoren zugleich die durchlässigsten Substanzen sind. Ebenso zeigen sie in ihrem Reflexionsvermögen größere Ähnlichkeit mit den kurzen elektrischen Wellen als mit den Lichtstrahlen. *Schk.*

**Über die Fragen, welche die translatorische Bewegung des Lichtäthers betreffen.** Von W. WIEN. (Referat für die 70. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf, 1898; Sektion für Physik. — Beilage zu *Wied. Ann. Bd. 65, 1898.*) WIEN leitet zunächst theoretische Folgerungen aus der Annahme, daß der Äther beweglich sei, ab. Wenn sich in einem elektrischen Doppelpunkte gleiche, proportional mit der Zeit zunehmende Mengen positiver und negativer Elektrizität in sehr kleiner Entfernung von einander befinden, würde bei verschwindender Trägheit des Äthers in dem Augenblick, da die Ladung beginnt, die Strömung in ihm unendlich werden. Solche Strömungen müßten sich in der Nähe veränderlicher Ladungen in Beschleunigung oder Verzögerung des Lichtes verraten, die bisher nicht wahrgenommen sind. Wenn ferner eine elektrische Ladung sich mit konstanter Geschwindigkeit durch den Raum bewegt, kann keine fortführende Bewegung in einem von Trägheit freien Äther entstehen, wohl aber in trägem Äther. Doch sind die Bewegungen, die um so größer ausfallen müssen, je dünner der Äther ist, selbst bei sehr kleiner Dichte kaum merklich. Wenn endlich elektromagnetische ebene Wellen an den Grenzen bewegter Isolatoren reflektiert werden, müßten im Falle fehlender Trägheit sich Spannungen im Äther bilden, die erst aufhörten, sobald sich der Äther mit derselben Geschwindigkeit wie die Isolatoren bewegte. Hier könnten vielleicht Versuche im einen oder im andern Sinne eine Entscheidung herbeiführen.

Immerhin liegt die Annahme näher, daß sich der Äther in Ruhe befinde. LORENTZ hat sie als vollkommen ausreichend dargethan, um eine Anzahl sonst nicht erklärter Erscheinungen des Einflusses der Bewegung auf die elektromagnetischen Vorgänge begreiflich zu machen. Aber wenn z. B. eine Platte auf beiden Seiten verschiedenes Ausstrahlungsvermögen für Wärme besitzt, so würde sie, falls der Äther ruhte, durch den Überdruck auf der Seite des größeren Ausstrahlungsvermögens ihren Schwerpunkt kraft ihrer eigenen inneren Energie in Bewegung setzen. Ob sich dies mit dem Satze vom Schwerpunkt vereinigen läßt, bleibt dahingestellt und bedarf der Erwägung.

Zum Schluß zählt WIEN die Versuche auf, die zur Beantwortung der Frage nach der Beweglichkeit oder der Ruhe des Äthers schon angestellt worden sind. Es giebt zwölf. Davon sprechen acht dafür, daß der Äther ruht; einer unter ihnen ist zweifelhaft. Vier sprechen für die Beweglichkeit des Äthers, unter denen es aber dreien an Zuverlässigkeit fehlt. Nach alledem ist die wahrscheinlichste Annahme die, den Äther für translatorisch unbeweglich zu halten; schon weniger wahrscheinlich ist es, daß er beweglich und träge sei; fast völlig ausgeschlossen erscheint es, ihn trägheitslos und beweglich zu denken. Dennoch ist vorläufig eine endgültige Entscheidung unmöglich. *Paul Gerber, Stargard.*

### 3. Geschichte.

**Zur Erfindung der Influenzmaschine.** Seit Jahren hat Prof. W. Holtz in Greifswald gegenüber den Ansprüchen Wimshursts sein Anrecht verteidigt, der Erfinder der Influenzmaschine zu sein (vgl. auch d. Zeitschr. VII 92). Es verdient daher Beachtung, daß endlich auch in England dem deutschen Erfinder die ihm gebührende Ehre zuerkannt wird. Die in London erscheinende *Electrical Review* äußert sich in ihrer Nummer vom 20. Mai 1898 anlässlich der Zeitungsnotiz, daß Mr. James Wimshurst, der „Erfinder der berühmten elektrischen

Influenzmaschine“, in diesem Jahr von dem Ausschuss der Royal Society zur Wahl ausersehen sei. Unter der Überschrift „*Honour to whom honour is due*“ führt sie aus, daß die von Wimshurst angegebene Maschine zuerst im *Engineering* vom 5. Januar 1883 beschrieben sei. Dagegen habe Prof. Holtz dieselbe Maschine bereits 1869 bekannt gemacht. Die Maschine von Holtz habe wie die von Wimshurst zwei in entgegengesetzten Richtungen rotierende Glasscheiben gehabt; die Sammelkämme seien auf einem horizontalen Durchmesser der Vorderseite gegenübergestellt gewesen. Nur zwei unwesentliche Verschiedenheiten seien vorhanden. Bei Holtz fehlten erstlich die radialen Stanniolstreifen; aber Holtz selber habe 1881 in Uppenborns Journal auf dieses Mittel der Selbsterregung hingewiesen und es für nicht empfehlenswert erklärt, weil dadurch die Leistung der Maschine vermindert würde. Spätere Erfinder hätten sich etwas darauf eingebildet, die Maschine durch Weglassung der Stanniolbelegungen verbessern zu können, unwissend, daß sie damit nur zu der ursprünglichen Form der Holtzschen Maschine von 1869 zurückkehrten. Bei Holtz sei ferner nur ein Paar Kämme, bei Wimshurst dagegen zwei Paar, eins vor jeder Scheibe, angebracht gewesen; Holtz erkläre aber, daß er die doppelten Kämme gleichfalls probiert und sie nicht so zweckmäßig gefunden habe wie die einfachen. Ob nun Holtz in den beiden Fällen mit seiner Ansicht Recht habe oder nicht, das Prinzip der Erfindung bleibe davon unberührt. Man dürfe daher nicht länger behaupten, daß Wimshurst der erste Erfinder der Influenzmaschine sei.

P.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Philosophie und Naturwissenschaft** im Unterricht der höheren Schulen. Vortrag von F. PIETZKER auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf 1898. (S.-A. Leipzig, F. W. Vogel 1898.) Obwohl über diesen Vortrag schon in d. Zeitschr. (Heft 1 S. 55) kurz berichtet ist, soll doch hier noch einmal auf die Hauptgedanken hingewiesen werden. Im Hinblick auf die Neigung der Hochschulen zu einseitig fachtechnischer Ausbildung weist der Vortragende dem exakt wissenschaftlichen Unterricht der Mittelschule, insbesondere dem Gymnasium, die Aufgabe zu, das Bedürfnis nach philosophischer Vertiefung zu wecken; es soll das Bedürfnis und die Fähigkeit hervorrufen, „auf allen Gebieten menschlicher Geistesthätigkeit die tieferen Zusammenhänge aufzusuchen, dem inneren Wesen der Dinge nachzuspüren und dieses Wesen sich möglichst zum Bewußtsein zu bringen“. Der Unterricht selbst soll, in einem mit der Klassenstufe steigenden Grade, von philosophischem Geiste durchweht sein.

Insbesondere für die logische Durchbildung erkennt der Verfasser dem naturwissenschaftlichen Unterricht einen größeren Wert zu als selbst dem Unterrichte in der reinen Mathematik. Der letztere nehme leicht den Charakter der Starrheit an, indem die einmal bewiesenen Sätze fortan als Erkenntnisquellen gelten, wie die Regeln der Grammatik, und indem auf die formelle Strenge der Beweise ein durchaus illusorischer Wert gelegt werde. Dem gegenüber sei der Analogieschluss als die in der Wissenschaft wie im praktischen Leben fortwährend zur Anwendung kommende, ja vielleicht als die meist geübte Äußerung geistigen Lebens überhaupt anzusehen. Der Analogieschluss komme auch in der Mathematik zur Geltung und biete schon hier ein ausgezeichnetes Mittel geistiger Schulung, die bedeutungsvollste Rolle aber spiele er in der Naturforschung, und es müsse den Schülern zum Bewußtsein gebracht werden, daß die Ergebnisse auf diesem Gebiet zu einem sehr großen Teile durch Anwendung dieser Schlussweise gewonnen seien. Der Verfasser trägt demnach kein Bedenken, „den Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts für die logische Durchbildung der Schüler für bedeutender zu erklären als den des Unterrichts in der reinen Mathematik“. Auf naturwissenschaftlichem Gebiet sei von vornherein die Möglichkeit ausgeschlossen, die sachliche Schlussfolgerung durch eine mechanische Anwendung äußerlich geläufiger, aber innerlich doch vielleicht nicht recht verstandener Rechnungsformen ersetzen zu wollen, hier sei man genötigt, mehr oder weniger sich der letzten Gründe seiner Schlussfolgerungen bewußt zu werden, vor allem immer von neuem die in jeder solchen Schlussfolgerung auf-

tretenden hypothetischen Momente und die, denen eine unbestreitbare Wahrheit innewohnt, sorgfältig auseinanderzuhalten.

Im Anschlusse hieran stellt der Verfasser jedoch in Abrede, daß es möglich sei, die Schüler in der Weise zur Auffindung der Naturgesetze selbst anzuleiten, daß man mit ihnen den Gang noch einmal mache, den die Wissenschaft bei der Gewinnung dieser Gesetze thatsächlich gegangen sei. Man müsse vielmehr im Schüler sorgfältig das Aufkommen der Einbildung verhüten, als ob er, indem er die zum Unterrichte in bewußter Absicht zusammengestellten Erscheinungen unter der Beihülfe des Lehrers zusammenfasse, in Wahrheit die Geistesarbeit leiste, die die großen Bahnbrecher der Forschung ihrer Zeit zu leisten gehabt haben. Andererseits aber verlangt gerade der Verfasser vom Unterrichte, daß er diese Geistesarbeit zergliedere, die schlüssigen Momente in der Herleitung der Gesetze aus den Einzelercheinungen hervorhebe. [Hiermit ist denn doch eine Reproduktion des historischen Ganges der Forschung eben in dem Sinne anempfohlen, in dem jene vom Verfasser abgelehnte Forderung von den Vertretern dieser Forderung selbst verstanden wird; denn die kindliche Art, wie in manchen Lehrbüchern aus einem Versuche ein allgemeines Gesetz nach vermeintlich induktiver Methode „abgeleitet“ wird, hat mit dieser Forderung nichts gemein.]

Eben auf das Wesen des induktiven Verfahrens geht der Verfasser mit der beachtenswerten, wennschon nicht erschöpfenden Bemerkung ein, daß es einen anderen zwingenden Schluß als den vom Allgemeinen aufs Einzelne nicht gebe, und daß auch in dem Induktionsschlusse eine die verschiedenen Einzelfälle umfassende allgemeine Voraussetzung existiere, nämlich die stillschweigende, von dem erkennenden Geist in die ihm entgegnetretenden Erscheinungen hineingelegte Annahme, daß diesen Erscheinungen eine unwandelbare Gesetzmäßigkeit zu Grunde liege, die man an ihren Äußerungen im einzelnen Fall erkenne.

Eine schärfere Betonung des letzterwähnten Umstandes führt naturgemäß zu dem Streben, den tieferen Gründen, denen unsere Erkenntnis entspringt, nachzuspüren; es wird ein Bedürfnis nach logischer und psychologischer Unterweisung wachgerufen, das an erster Stelle der naturwissenschaftliche Unterricht selber zu befriedigen trachten muß. Von Anlässen, die der planmäßige Unterricht für die Berührung erkenntnistheoretischer Fragen bietet, nennt der Verfasser aus dem Gebiete der Optik den Sehprozeß, insbesondere das binoculare Sehen und die Umkehrung des Bildes auf der Netzhaut; ferner die mathematische Geographie und vor allem die Mechanik, wo schon die Definitionen von Kraft und Masse, das Trägheitsgesetz, das Energieprinzip so viele begriffliche Schwierigkeiten darbieten, daß man um ein wenigstens leises Berühren der letzten Gründe für die Annahme dieser Begriffe und Prinzipien nicht herumkommt. Zu ähnlichen Erwägungen nötigen die Fernwirkung, die atomistische Vorstellung, die Zurückführung aller Erscheinungen auf Bewegungsvorgänge. In bezug auf die naturwissenschaftlichen Theorien habe man die Pflicht, offen und deutlich zu sagen: „Alle diese Theorien, so nützlich sie auch für die Erklärung sein mögen, sind nur von relativem Wert; die Vorstellungen, mit denen die mechanische Naturerklärung arbeitet, sind Hilfsvorstellungen, geeignet, die Erscheinungen unter allgemeinen Gesichtspunkten zusammenzufassen, sie genau zu „beschreiben“ — aber eine wirkliche, den Geist befriedigende Einsicht in die Natur gewinnen wir auf diesem Wege nicht“. [Ich würde vorziehen, die zuletzt vorgebrachte Negation nicht in so apodiktischer Form vorzutragen, zumal der Verfasser selbst sie durch den Hinweis auf eine ferne Zukunft der menschlichen Erkenntnis wieder abschwächt; richtiger, sowohl der Sache als der Tendenz nach, erscheint es mir, die Erkenntnisfreudigkeit des jugendlichen Geistes dadurch zu steigern, daß man ihm zeigt, wie alle Erkenntnis im letzten Grunde in der Unterwerfung des empirischen Stoffes unter menschliche Vorstellungen besteht; bei Schiller und den Humboldts heißt es, daß das Materielle durch Ideen beherrscht werde.]

Mit Gedanken der eben erwähnten Art schließt der Verfasser auch seinen Vortrag: „Der irrt sich sehr; der glaubt, daß die exakte Wissenschaft vorzugsweise mit den fertigen, den unabänderlichen Thatsachen zu thun habe; zum\*größeren und wichtigeren Teile besteht der Inhalt der Naturforschung und auch der Gegenstand des naturwissenschaftlichen Unterrichts

aus den Vorstellungen, die der menschliche Geist sich gebildet hat, um die mit den Sinnen beobachteten Erscheinungen sich begreiflich zu machen“. Darum sei es „möglich und wünschenswert, die Naturwissenschaft ohne Beeinträchtigung des nächsten schon in ihrem Namen sich aussprechenden Zweckes auch schon im Schulunterricht als das zu betreiben, was sie in Wahrheit zugleich ist, als eine Geisteswissenschaft allerersten Ranges“. P.

**Das Foucaultsche Pendel.** In der *Zeitschrift für Math. u. Physik*, Bd. 43 S. 166 zeigt VAHLEN einen einfachen Weg, um das Gesetz des Sinus der geographischen Breite nachzuweisen. Die übliche Ableitung der Physikbücher (z. B. Jochmann) nimmt eigentlich als Axiom an, daß die Abweichung der Pendel-Ebene gleich der sogenannten Converganz der Meridiane ist, und leitet die letztere an einer conischen Projektion des in Betracht kommenden Teils der Erdoberfläche ab. Selbst hiergegen kann man Bedenken hegen, denn andere Projektionen wären nicht geeignet. Besser ist daher eine direkte Ableitung mittels der

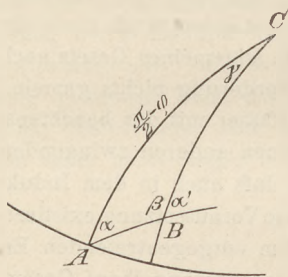


Fig. 1.

sphärischen Trigonometrie<sup>1)</sup>. Geht man von Berlin (= A, Fig. 1) nach einem Vorort (= B) etwa im Nord-Osten, gerade aus, d. h. auf einem Bogen größten Kreises, so ändert sich gleichwohl der Kurs des Weges. Es sei C der Nordpol, die Winkel des  $\triangle ABC$  seien  $\alpha, \beta, \gamma$ , in der Verlängerung von AB liege B'. Dann ist der Anfangskurs gegeben durch das (von Norden gezählte) Azimut  $CAB = \alpha$ , der Endkurs durch  $CBB' = \pi - \beta = \alpha'$ . Nun ist der Inhalt des  $\triangle ABC$  einerseits  $= \alpha + \beta + \gamma - \pi$ , andererseits verhält er sich zu der vom Berliner Parallelkreis begrenzten Kugelkappe  $2\pi(1 - \sin \varphi)$  wie  $\gamma$  zu  $2\pi$ , also hat man  $\alpha + \beta + \gamma - \pi = \gamma(1 - \sin \varphi)$ , woraus  $(\pi - \beta) - \alpha = \gamma \sin \varphi$ , oder  $\alpha' - \alpha = \gamma \sin \varphi$ , d. h. wenn man auf einem größten Kreise eine geringe Strecke geradeaus geht, so ist die Azimutänderung gleich der Längenänderung multipliziert mit dem Sinus der geographischen Breite.

Wird nun durch die Erdrotation der Aufhängepunkt eines Pendels in kurzer Zeit von einem Punkte P nach R geführt (Fig. 2), so nehme man nach VAHLEN an, daß diese Ortsveränderung ohne Rotation der Erde dadurch geschehe, daß der Aufhängepunkt gegen die Erdoberfläche mit gleichmäßiger Geschwindigkeit von P nach R verschoben werde. Diese Verschiebung zerlegt man in 2 Komponenten, deren erste, PQ, die Richtung der anfänglichen Pendelschwingungen habe, während die zweite, QR, sich unter rechtem Winkel an sie anfügt. Von P bis Q verschiebt sich der Aufhängepunkt immer innerhalb der augenblicklichen Schwingungsebene; diese bleibt absolut un geändert, das Azimut aber ändert sich um  $t_1 \sin \varphi$ , wo  $t_1$  die Längendifferenz von P und Q ist. Auf dem Wege QR tritt der Aufhängepunkt immer senkrecht aus der augenblicklichen Pendel-Ebene heraus, die immer durch den Erdmittelpunkt hindurchgehen muß; die Schwingungsrichtung ist

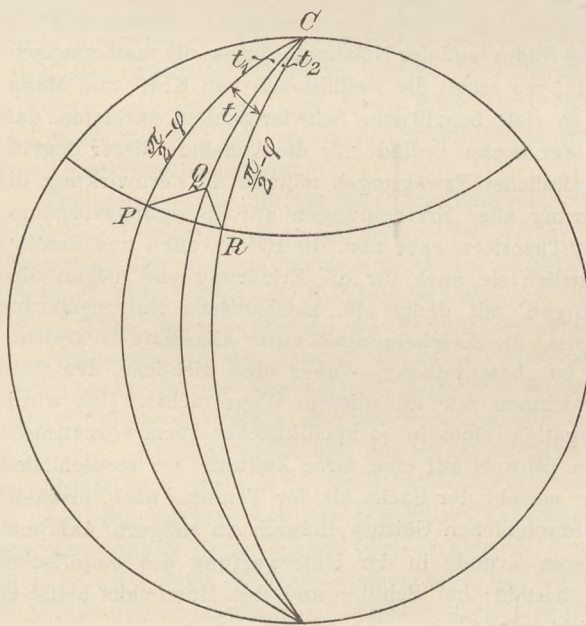


Fig. 2.

der Aufhängepunkt gegen die Erdoberfläche mit gleichmäßiger Geschwindigkeit von P nach R verschoben werde. Diese Verschiebung zerlegt man in 2 Komponenten, deren erste, PQ, die Richtung der anfänglichen Pendelschwingungen habe, während die zweite, QR, sich unter rechtem Winkel an sie anfügt. Von P bis Q verschiebt sich der Aufhängepunkt immer innerhalb der augenblicklichen Schwingungsebene; diese bleibt absolut un geändert, das Azimut aber ändert sich um  $t_1 \sin \varphi$ , wo  $t_1$  die Längendifferenz von P und Q ist. Auf dem Wege QR tritt der Aufhängepunkt immer senkrecht aus der augenblicklichen Pendel-Ebene heraus, die immer durch den Erdmittelpunkt hindurchgehen muß; die Schwingungsrichtung ist

<sup>1)</sup> Diese lässt sich nicht, wie Simon in Baumeisters Handbuch (Bd. 4, IX 105) vorschlägt, durch Annahme eines unendlich kleinen Kugelradius auf die ebene Trigonometrie zurückzuführen.



stets  $\perp QR$ , ihr Azimut ändert sich wie das von  $QR$  um  $t_2 \sin \varphi$ , wenn  $t_2$  die Längendifferenz von  $Q$  und  $R$  ist. Im ganzen ändert sich also die Schwingungsrichtung um  $(t_1 + t_2) \sin \varphi = t \sin \varphi$ , wenn  $t$  die Längendifferenz von  $P$  und  $R$  ist. Letztere erhält man, wenn man die während der Beobachtung verflossene (Stern-) Zeit in Bogen verwandelt,  $1^s = 15''$ . *M. K.*

### 5. Technik und mechanische Praxis.

Über die direkte Messung einer Elektrizitätsmenge in elektromagnetischem Maf; Anwendung auf die Konstruktion eines Elektrizitätszählers. Von M. R. BLONDLOT (*Comptes Rendus CXXXVI S. 1691*).

In einer weiteren Drahtspule mit wagerechter Achse befindet sich eine zweite Spule von nur wenigen Windungen; sie hat die Form eines Ringes und ist so aufgehängt, daß ihre Ebene lotrecht ist und sie sich frei um einen lotrechten Durchmesser drehen kann. Die beiden Spulen werden von demselben Strome durchflossen; Quecksilbernäpfe verbinden die beweglichen Teile des Stromkreises mit den festen. Ist der Erdmagnetismus vorher kompensiert, so nimmt die ringförmige Spule unter dem Einfluß des Stromes eine Gleichgewichtslage an, so daß ihre Windungen denen der festen Spule parallel sind; bei Entfernung aus dieser Gleichgewichtslage macht sie isochrone Schwingungen. Ist  $T$  die Periode der Schwingungen,  $i$  die Stromstärke, so zeigt die theoretische Überlegung, daß  $i \cdot T$  die Elektrizitätsmenge darstellt, die während der Dauer einer Oscillation durch einen Querschnitt des Drahtes geht. Diese Größe ist eine Constante: wie groß auch die Stromstärke oder die Periode der Oscillation sei, die Elektrizitätsmenge, die durch einen Querschnitt des Stromkreises während einer Oscillation geht, ist stets dieselbe. Ist  $n$  die Zahl der Drahtwindungen der Spule,  $S$  die durch die Kreise der ringförmigen Spule begrenzte Oberfläche,  $k$  das Trägheitsmoment des beweglichen Systems, so wird die Schwingungsdauer

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{k}{4n\pi i \cdot S i}}; \text{ mithin } i \cdot T = \sqrt{\frac{k\pi}{nS}} = q.$$

So kann man in absolutem, elektromagnetischem Maf die Elektrizitätsmenge bestimmen, die während einer gewissen Zeit hindurchgeschickt wird, ohne daß man die Zeit und die Stromintensität selbst zu messen nötig hat.

Um aus dem Apparat einen für die Industrie brauchbaren Elektrizitätszähler zu machen, wird den beiden Rollen eine Einrichtung zur automatischen Zählung der Oscillationen hinzugefügt; jede derselben zeigt dann den Durchgang einer Elektrizitätsmenge an, die gleich  $q$  ist. Die totale Elektrizitätsmenge, die während einer gewissen Zeit durch den Querschnitt fließt, erhält man durch Multiplikation von  $q$  mit der Zahl der Oscillationen. Das ist freilich nur dann ganz exakt, wenn die Schwankungen der Stromstärke ausschließlich in den Momenten stattfinden, wo die ringförmige Rolle durch die Gleichgewichtslage geht, doch ist dieser Fehler der Nichtcoincidenz für die Praxis zu vernachlässigen. Der nach der beschriebenen Methode construierte Elektrizitätszähler gehorcht momentan den geringsten Stromschwankungen und ist für Gleichstrom und Wechselstrom zu verwenden. *Schk.*

**Tesla-Unterbrecher.** Zur Erzeugung oscillierender Ströme von sehr hoher Frequenz hat NICOLA TESLA eine größere Anzahl von Schaltapparaten entworfen (*Elektrotechnische Zeitschrift v. 6. Okt. 1898 (XIX 671)*). Wir heben hier nur einige besonders bemerkenswerte Neuerungen hervor. Zur Herstellung Teslascher Ströme ist in einen mit Selbstinduktion versehenen Stromkreis ein Condensator eingeschaltet; bei Kurzschluß entladet sich der Condensator in Oscillationen von einigen Hunderttausend Wecheln pro Sekunde. Meistens wird in den Stromkreis eine Funkenstrecke und parallel zu derselben die Sekundärwicklung eines mit gewöhnlichem Wechselstrom gespeisten Hochspannungstransformators gelegt. Bei steigender Transformatorspannung wird der Condensator mehr und mehr geladen, bis die Spannung so groß wird, daß sie die Funkenstrecke überspringt. Der auftretende Funken

bildet den Kurzschluss des Condensators, der sich während der Funkendauer oscillierend entlädt. Beim nächsten Maximum des Wechselstromes wiederholt sich der Vorgang.

Da bei dieser Methode viel Energie verloren geht, verwendet TESLA an Stelle der Funkenstrecke lieber mechanische Unterbrecher, die den Strom in der Sekunde etwa 1000 mal öffnen und schliessen. Ist die Zahl der Oscillationen bei Entladung des Condensators 300000, so kommen nur die ersten 300 in Betracht, die weiteren sinken auf einen zu vernachlässigenden Wert herab. Der Unterbrecher schliesst nicht nur den Stromkreis des Condensators, sondern zugleich auch den der Stromquelle, in welchem sich die Selbstinduktionsspule befindet. In der letzteren wird ein gewisser Energiebetrag aufgespeichert, der nach der Unterbrechung des Stromes den Condensator zu einer Spannung ladet, die beträchtlich höher ist als die Spannung der Stromquelle. Die Frequenz der oscillierenden Entladungen ist so hoch, dass in dem Entladekreis kein Eisen zu sein braucht; Eisen ist sogar wegen der beträchtlichen Verluste für Wirbelströme und Hysteresis sehr nachtheilig.

Für die Unterbrecherkontakte benutzt TESLA Flüssigkeiten. Eine Trommel, die mittels eines Motors in rasche Umdrehungen versetzt werden kann, enthält zwei Flüssigkeiten von verschiedenem spezifischen Gewicht, von denen die eine ein Leiter (Quecksilber), die andere ein Isolator (ein Kohlenwasserstoff) ist. Innerhalb der Trommel sitzt auf einer stillstehenden Welle ein Arm, der ein Rad mit Vorsprüngen trägt. Wird die Trommel rasch gedreht, so bildet sich in ihr vermöge der Centrifugalkraft ein äusserer Ring von Quecksilber, ein innerer von der isolierenden Flüssigkeit. Die rotierenden Flüssigkeiten versetzen auch das Rad in rasche Drehung, wobei die einzelnen Punkte des Rades periodisch in den Quecksilbering eintauchen. Dadurch wird der Stromkreis, in den dieser Unterbrecher eingeschaltet ist, sehr rasch und sicher geöffnet und geschlossen. Die nichtleitende Flüssigkeit drängt sich beim Unterbrechen vermöge ihres Druckes zwischen das Quecksilber und die Radvorsprünge und löscht den etwa auftretenden Lichtbogen aus.

Der Energieverlust, den dieser Lichtbogen veranlasst, kann dadurch vermindert werden, dass man die Geschwindigkeit der Annäherung und Entfernung der Stromkontakte vergrößert. Dieses wird durch folgende Vorrichtung erzielt. In einer wagrecht rotierenden Trommel befindet sich ebenso wie vorhin Quecksilber, das bei der Umdrehung am Rande einen Ring bildet und hierbei durch ein offenes Mundstück an einer stillstehenden Düse aufgefangen wird. Von dem oberen Deckel der Trommel ragen eine Reihe Zähne nach unten, gegen die aus der Düse Quecksilberstrahlen geworfen werden. Der Hauptstromkreis geht von der Düse zu den Zähnen und wird intermittierend durch den Quecksilberstrahl geschlossen.

Die Einführung eines hohen Vakuums in den Unterbrecherraum bringt nach TESLA keine erhebliche Verminderung der Funkenbildung hervor. Mehr liefs sich hierbei durch Verwendung indifferenten Medien, die jenen Raum unter hohem Druck ausfüllen, erreichen. Der Lichtbogen wird hierdurch an seitlicher Ausdehnung gehindert und erlischt rasch. TESLA beschreibt verschiedene auf diesem Prinzip beruhende Apparate. Als indifferente Flüssigkeit kann Ammoniak gewählt werden, das bei gewöhnlicher Temperatur einen hohen Druck ergibt. Das sich bildende Gas wird durch eine Röhre in den Unterbrecherraum geleitet.

Bei einer andern Anordnung setzen Quecksilberstrahlen die festen Stromkontakte selbst in Bewegung und zwar mit einer Geschwindigkeit, die diejenige des Gehäuses, in dem das Quecksilber rotiert, weit übertrifft. Wieder in einem andern Apparat sind beide Stromschlusstücke Flüssigkeitsstrahlen, die abwechselnd auf einander treffen und dabei die leitende Verbindung herstellen. — Lässt man beide Stromschlusstücke in entgegengesetzter Richtung rotieren, so lässt sich die Frequenz verdoppeln. — Behufs genauerer Angaben über die einzelnen Apparate möge hier auf die oben citierte Abhandlung verwiesen werden.

*Schk.*

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Die Entwicklung der asymptotischen Telegraphie**, der sog. elektrischen „Telegraphie ohne Draht“, in allgemein verständlicher Darstellung sachlich und historisch erläutert von Dr. Rudolf Blochmann. Mit 17 Skizzen. Berlin 1898, E. S. Mittler & Sohn. 31 S. 0,60 M.

Das Schriftchen ist ein erweiterter Abdruck eines von dem Verfasser in der *Marine-Rundschau* 1898 Heft 5 veröffentlichten Aufsatzes und stellt in leicht verständlicher Sprache und in übersichtlichen Abbildungen die Entwicklung und die Leistungen der Telegraphie ohne Draht bis zum April 1898 dar. Die physikalischen Grundlagen und die praktischen Anwendungen der verschiedenen Verfahren werden streng sachlich und recht klar erläutert. Die sorgfältige Angabe der benutzten Quellen gestattet überall ein Rückgreifen auf die Originalarbeiten. Die Wirkungsweise des Fritters wird auf S. 23 durch folgenden einfachen und durchsichtigen Versuch erläutert: Hängt man an einem ganz feinen Metalldrahte ein Kügelchen so über eine Metallplatte auf, dass es sie lose berührt, so ist der Widerstand erheblich, und ein in den Stromkreis eingeschaltetes Galvanometer zeigt nur einen ganz geringen Ausschlag. Der Widerstand an der Berührungsstelle vermindert sich sofort und der Ausschlag des Galvanometers vergrößert sich demgemäß gleichzeitig, wenn man in der Nähe einen elektrischen Funken erzeugt. — Die Bezeichnung „asymptotische Telegraphie“ und die Rechtfertigung dieser Namenswahl ist jedoch durchaus verfehlt, da sie aus einer unhaltbaren Auffassung des Verhältnisses von Namen und Begriff entspringen. Das Schriftchen kann allen, die die neuesten Fortschritte der angewandten Physik eingehender verfolgen wollen, auf das wärmste empfohlen werden. *Hahn-Machenheimer.*

**Bibliotheca geographica.** Herausgegeben von der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, bearbeitet von O. Baschin. Bd. I (1891 und 1892) 506 S.; Bd. II (1893) 379 S.; Bd. III (1894) 402 S.; Bd. IV (1895) 411 S. Berlin bei W. H. Köhl.

Die Geographie wird mit Recht heute den Naturwissenschaften zugesellt und der Unterricht darin Naturwissenschaftlern übertragen. Wenn auch der geographische Unterricht nicht unmittelbar mit dem physikalischen und chemischen zusammenhängt, so haben die betreffenden Wissensgebiete doch so viele Berührungspunkte mit einander, daß es wohl an Orte ist, auf eine litterarische Erscheinung hinzuweisen, die es jedem erleichtert, sich in dem ausgedehnten Material, das jedes Jahr veröffentlicht wird, zurechtzufinden, und ihn in den Stand setzt, es auch für sein Spezialfach zu benutzen.

Die allgemeine Geographie enthält I. Bibliographie, II. Methodologie und Unterricht, III. Allgemeine Darstellungen (Handbücher, Wörterbücher etc.), IV. historische Geographie, V. mathematische und astronomische Geographie, Kartographie, VI. Physische Geographie (Geophysik, Klimatologie, Ozeanologie, Gewässer etc.), VII. biologische Geographie, VIII. Anthropogeographie, IX. Anleitung zum Reisen und Beobachten, Reiseausrüstung. Dann folgt die spezielle Geographie, zuerst die Darstellung von größeren Teilen der Erdoberfläche, dann die Arbeiten über die Einzelländer, geordnet nach Erdteilen (Europa, Asien, Afrika, Australien und Neuseeland, Inseln des großen Ozeans, Amerika, Polargebiete und -Meere). Wie man sieht, berührt sich diese Übersicht vielfach auch mit rein physikalischen Werken; so stimmen einzelne Teile mit Abschnitten der „Fortschritte der Physik“ Teil III überein.

Jeder, der mit solchen wissenschaftlich-bibliographischen Zusammenstellungen oder größeren Registern einzelner Wissenschaften zu thun gehabt hat, weiß, eine wie mühevoll und wie umfangreiche Arbeit in solchen Litteraturübersichten enthalten ist. Je weiter sich die Wissenschaften entwickeln, desto notwendiger werden solche Arbeiten, sie werden einst die Grundlage für internationale wissenschaftliche Kataloge werden. Die Bibliotheca geographica verdient nicht nur in den Kreisen der geographischen Gesellschaft, sondern auch in allen mit der Geographie in Verbindung stehenden Kreisen, wie in der Lehrerschaft bekannt und beachtet zu werden.

Im Anschluß hieran mag hervorgehoben werden, daß die Fortschritte der Physik im Jahre 1897, deren dritte Abtheilung die Physik der Erde umfaßt und viel Physikalisch-Geographisches enthält, jetzt schon erschienen sind, und daß das Erscheinen dieses für das Studium der Physik unentbehrlichen Werkes von jetzt an regelmäßig in jährlichen Zwischenräumen stattfindet. *Schw.*

**Die Fortschritte der Physik im Jahre 1897.** Dargestellt in der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. LIII. Jahrgang, erste Abteilung: Physik der Materie, redigiert von R. Börnstein. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1898. LXXII und 573 S.

Das altbekannte und in physikalischen Kreisen allbekannte Werk bedarf einer besonderen Empfehlung nicht. Es erfüllt seinen Zweck, einen möglichst vollständigen Überblick über die gesamte wissenschaftliche Litteratur der Physik zu geben, in hervorragender Weise, aber gerade dadurch ist es schwierig, dasselbe in kleinerem Umfange erscheinen zu lassen. Bei dem Erscheinen

des 53. Bandes mag nur hervorgehoben werden, daß die Lücke in der Reihenfolge der Bände unter großer Anstrengung und Opferwilligkeit seitens der drei mitwirkenden Faktoren, Redaktion, Mitarbeiter und Verlagsbuchhandlung, vollständig ausgefüllt ist, sodafs von jetzt ab in der kürzesten Zeit, die möglich ist, jedesmal der neue Band erscheinen wird. Es werden daher hoffentlich die Erwartungen, die man für weitere Verbreitung des Werkes hegte, nunmehr in Erfüllung gehen. Ist doch die Notwendigkeit solcher Jahresberichte und ihre Zweckmäßigkeit allgemein anerkannt; möge die große Mühe und Arbeit, die darauf verwandt werden muß, durch die Verbreitung und die darin liegende Anerkennung belohnt werden.

*Schw.*

**Graham-Ottos ausführliches Lehrbuch der Chemie.** I. Band in 3 Abteilungen: Physikalische und theoretische Chemie. Von A. Horstmann, H. Landolt, A. Winkelmann. Dritte Abteilung: Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung der Körper. Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1898. S. 505—890.

Es ist naturgemäß, daß bei größeren wissenschaftlichen Werken ein Neu-Erscheinen erforderlich ist, wenn nicht die Werke ganz veralten sollen. Bei dem schnellen Fortschritt der Wissenschaften ist ein Überblick über die gesamten Resultate von Zeit zu Zeit erforderlich, da nur Wenige im stande sind, laufend alle Einzelercheinungen zu verfolgen. So erklärt er sich denn auch, daß oft bei Herausgabe desselben Werkes ein bedeutender Zwischenraum zwischen dem Anfang und Abschluß liegt. Die erste Hälfte erschien 1893 und wurde in d. Ztschr. VIII 107 angezeigt. Auch die zweite Hälfte erfüllt völlig ihren Zweck, einen wissenschaftlichen Überblick über diesen Zweig der Chemie und Physik, der sich so schnell entwickelt hat, zu geben. Eine Reihe jüngerer Mitarbeiter ist hinzugetreten, die wohl ziemlich selbstständig, nur der Idee des Ganzen folgend, die einzelnen Abschnitte durchgeführt haben.

Die vorliegende Abteilung umfaßt folgende Kapitel: IV. Über die Beziehungen zwischen den Schmelzpunkten und der Zusammensetzung der chemischen Verbindungen. Von Dr. W. Marckwald, S. 505—532. V. Über die Beziehungen zwischen den Siedepunkten und der Zusammensetzung der chemischen Verbindungen. Von Dr. W. Marckwald, S. 535—564. VI. Über die Beziehungen zwischen Lichtbrechung und chemischer Zusammensetzung der Körper. Von E. Rimbach, S. 567 bis 649. Anhang: Molekularbrechung für unendlich große Wellenlängen aus elektrischen Bestimmungen, S. 650—665. VII. Beziehungen zwischen der chemischen Natur und den Spektren einfacher und zusammengesetzter Körper. Von Gerh. Krüfs und Hugo Krüfs, S. 669—702. VIII. Die Beziehungen zwischen optischem Drehungsvermögen organischer Substanzen und deren chemischer Zusammensetzung. Von H. Landolt, S. 705—791. IX. Beziehungen zwischen der elektromagnetischen Drehung fester oder flüssiger Körper und deren chemischer Zusammensetzung. Von O. Schönrock, S. 792 bis Schlufs. Ein alphabetisches Sachregister ist beigegeben.

Daß sich manche Abschnitte des Buches mit sonstigen Publikationen derselben Autoren nahe berühren, ist naturgemäß. Auch tritt die Subjektivität der einzelnen Bearbeiter z. T. dadurch hervor, daß vorzüglich die neuesten Arbeiten berücksichtigt sind, und die historische Darstellung zurücktritt. Verschiedene Irrtümer in Beziehung auf Namensschreibung finden sich vor, wie S. 684 Rillet statt Rilliet (C. R.). Für die Lehrerkollegien, in denen Physik und Chemie bei den Bibliothekanschaffungen berücksichtigt werden, ist es ein zu beschaffendes Werk, das jedem, der sich mit physikalischer und theoretischer Chemie beschäftigt, den besten Ausgangspunkt für weitere Studien bietet.

*Schw.*

**Anleitung zur mikrochemischen Analyse der wichtigsten organischen Verbindungen** von H. Behrens, Professor an der Polytechnischen Schule zu Delft. Hamburg und Leipzig bei Leopold Vofs, 1895—97. (1. Heft VIII und 64 S., M. 2. 2. Heft VIII und 108 S., M. 5. 3. Heft VII und 135 S., M. 4,50. 4. Heft VII und 129 S., M. 4,50.)

Nachdem der Verfasser, der als hervorragender Forscher auf dem Gebiete der Mikrochemie schon lange bekannt ist, ein auf der Anwendung des Mikroskops beruhendes System der qualitativen mineralischen Analyse zusammengestellt hat (vergl. d. Zeitschr X 49), hat er sich die große und wichtige Aufgabe gestellt, „dem Mikroskope auch auf dem Gebiete der Analyse organischer Verbindungen dauernde und ausgedehnte Anwendung zu schaffen“. Natürlich konnte er sich hier, wo es sich um ein noch wenig erforschetes Gebiet handelt, nicht auf eine Zusammenfassung schon vorhandener Methoden beschränken, sondern musste dieselben nachprüfen, abändern und ergänzend vermehren. „Der Mangel an gemeinsamen zusammenfassenden Reaktionen für größere Gruppen verwandter Substanzen“ liefs dem Verf. eine erschöpfende Bearbeitung unmöglich erscheinen. Er traf deshalb eine Auswahl, von folgenden beiden Gesichtspunkten ausgehend. „Zunächst drängen sich Substanzen auf, welche durch häufiges Vorkommen und vielfältigen Gebrauch Gegenstand der tech-

nischen und forensischen Analyse geworden sind; in zweiter Reihe erfordern gewisse sehr beständige Verbindungen von verhältnismässig einfacher Zusammensetzung (Chinone, Chloranil, Phtalsäure u. dergl.) eingehende Berücksichtigung, weil dieselben häufig als Produkte der Spaltung, Oxydation oder Chlorierung von Substanzen grossen Molekulargewichtes auftreten und ihnen bei langwierigen und verwickelten Untersuchungen gleichsam die Rolle von Wegweisern zufällt“. Diesen Gesichtspunkten entsprechend hat der Verf. eine Reihe von selbständigen Heften veröffentlicht. Das erste behandelt die Anthracengruppe, Phenole, Nitroverbindungen, Chinone, Ketone und Aldehyde. Im zweiten Hefte, welches nicht nur wie die übrigen mit Figuren im Texte, sondern auch mit ausgezeichneten Tafeln in Farbendruck versehen ist, wird ein neues — im Gegensatz zu dem bisher üblichen botanisch-histologischen als physikalisch-chemisches zu bezeichnendes — Verfahren zur Prüfung der wichtigsten Faserstoffe entwickelt, welches eine grosse Bedeutung für die Textil- wie Papierindustrie gewinnen dürfte. Aus dem dritten, den aromatischen Aminen gewidmeten Hefte sei besonders der für die pharmaceutische und gerichtliche Chemie gleichmässig wichtige Abschnitt über die Pflanzenalkaloide erwähnt. Im vierten Hefte werden die Karbamide und Karbonsäuren behandelt. Ein oder zwei weitere Hefte sollen folgen.

J. Schiff.

**Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge.** Herausgegeben von Professor Dr. Felix B. Ahrens. III. Band. Stuttgart, Ferd. Enke, 1898.

Der III. Band dieser Sammlung bringt ebenso, wie es der I. und II. gethan (vgl. diese Zeitschr. XI 193), eine Anzahl höchst gründlicher Arbeiten aus den verschiedenen Gebieten der Chemie. Von diesen sollen wenigstens einige hier besprochen werden. — Eine theoretisch wichtige, vielleicht die höchste Frage in der Chemie behandelt Herr W. Herz in dem Vortrage „Über die wichtigsten Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung von Verbindungen und ihrem physikalischen Verhalten“. Zwar seien wir von dem Ziele, aus der chemischen Constitution einer Verbindung ihr physikalisches Verhalten abzuleiten, noch sehr weit entfernt. Immerhin aber hat „die rastlose Arbeit unseres Jahrhunderts ein grosses Thatensachenmaterial zusammengetragen, aus dem wichtige Schlüsse über die Beziehungen des chemischen und physikalischen Verhaltens der Körper gezogen werden können“. Aus diesem weiten Gebiete ist hier das Bedeutsamste bezüglich der thermischen, optischen, elektrischen u. s. w. Eigenschaften zusammengestellt. — Ebenfalls ins Bereich der allgemeinen Chemie gehört der Vortrag „die Beziehungen der Benzolderivate zu den Verbindungen der Fettreihe“ von Friedrich Goose. Bekanntlich wird die organische Chemie seit langen in die Chemie der Methan-derivate (Fettkörper) und der Benzolderivate (aromatischen Körper) eingeteilt. Beide Klassen gelten als streng geschieden, obgleich einige Übergänge von der einen zur anderen hinüberleiten, wie die Polymerisation des Acetylens  $C_2H_2$  zu Benzol  $C_6H_6$ . Aber Verbindungen, die in ausgesprochener Weise gleichzeitig die Charaktere beider Klassen tragen, sind erst in den letzten Jahren durch Hydrierung des Benzols und des Naphtalins dargestellt worden. Hier werden diese hydrierten Produkte nach ihrer Darstellung, sowie nach ihren eigentümlichen Strukturverhältnissen besprochen. — Reiches und grossenteils vorher noch nicht veröffentlichtes Material aus dem Hüttenbetriebe bringt Herr Edmund Jensch in seinem Vortrage „das Cadmium, sein Vorkommen, seine Darstellung und Verwendung“. Ausser in dem seltenen Greenockit  $CdS$ , auch Cadmiumblende genannt, kommt dieses Metall nur in den Zinkerzen, Galmei wie Zinkblende, vor, und zwar meist nur zu etwa 0,3%. Beim Rösten dieser Erze entstehen  $ZnO$  und  $CdO$ , die durch Kohle bei verhältnismässig niedriger Temperatur reduziert werden. Die weitere Trennung beider Metalle beruht darauf, dass sich das metallische Cadmium weit leichter als das Zink verflüchtigt. Zuerst erhält man daher den sogenannten cadmischen Zinkstaub mit etwa 8%  $Cd$ ; dieser wird noch mehrfach destilliert, wobei eine immer grössere Anreicherung an  $Cd$  eintritt und schliesslich ein ausserordentlich reines Cadmium (99,80%  $Cd$ ) erhalten wird. Das bedeutendste Produktionsgebiet ist Oberschlesien, welches 1897 15527 kg  $Cd$  à 11,37 M. erzeugte. Verwandt wird dasselbe zur Darstellung leichtflüssiger Legierungen, z. B. des Woodschen Metalls (eine Legierung von 50%  $Bi$ , 26,7%  $Pb$ , 13,3%  $Sn$ , 10%  $Cd$  schmilzt bei 70° C., eine Legierung von 50%  $Bi$ , 25%  $Pb$ , 12,5%  $Sn$ , 12,5%  $Cd$  schon bei 60,5° C.). Diese und ähnliche Mischungen werden sehr viel zum Löten von Zinn, Blei, Britanniametall u. s. w. in heissem Wasser ferner als Zahnkitte und zur Herstellung von Clichés benutzt. Ferner hat das Cadmium eine grosse Bedeutung zur Herstellung von Porzellanlusterfarben gefunden, ebenso wie die Schwefelverbindung schon lange als Malerfarbe von schön gelbem oder mennigrotem Tone dient. — Schliesslich sei noch eine Abhandlung der Herren Ed. Donath und K. Pollak erwähnt, welche unter dem etwas merkwürdigen Titel „Neuerungen in der Chemie des Kohlenstoffs und seiner anorganischen Verbindungen“ einige von den jüngsten Fortschritten betreffend die Erkenntnis des Kohlenstoffs in dankenswerter Weise zusammenfasst. Am interessantesten ist wohl der Abschnitt über die allotropischen Formen

dieses Elements. Dieselben werden nicht nur als physikalisch, sondern auch als chemisch verschieden bezeichnet. Dafs gerade hier eine gröfsere Zahl derartiger Modifikationen auftritt, beruht jedenfalls auf der aus der organischen Chemie bekannten Eigenschaft der Kohlenstoffatome, dafs sie befähigt sind, mit anderen gleichen Atomen „zu Molekeln von mehr oder minder hoher Atomzahl zusammenzutreten, welche sich jedoch nicht nur durch die Gröfse des Molekulargewichtes, sondern auch durch die Art der Verkettung in Form von Ketten oder Ringen und durch die mehr oder minder grofse Innigkeit der Bindung (mit 1, 2 oder 3 Valenzen) von einander unterscheiden“. Da wir nun wissen, dafs bei festen Stoffen die spezifische Wärme im allgemeinen mit der Atomzahl wächst und die spezifische Wärme des amorphen Kohlenstoffs die der Graphitvarietäten, diese aber wieder die des Diamants übertrifft, so müssen wir annehmen, dafs die Molekel der amorphen Kohle complicierter gebildet sei als die der anderen Formen. In chemischer Hinsicht haben sich ferner wichtige Verschiedenheiten zwischen den bisher als Graphit zusammengefafsten — teils natürlichen, teils künstlichen — Varietäten ergeben. Diese zeigen nämlich keineswegs alle die bisher für charakteristisch gehaltene Reaktion, sich beim Erhitzen mit Salpetersäure zu eigentümlich wurmförmlichen Gebilden aufzublähen. Nach Luzi werden daher die diese Eigenschaft entbehrenden Abarten als „Graphitit“ vom eigentlichen Graphit abgetrennt. Dementsprechend unterscheidet man jetzt folgende 5 Modifikationen des Kohlenstoffs: 1. Diamant, 2. Graphit, 3. krystallisierter Graphit (sibirischer und elektrischer), 4. amorpher Graphit (von Wunsiedel im Fichtelgebirge und Storgard in Finnland) und 5. amorpher Kohlenstoff (aus Ruß, Zuckerkohle u. s. w. hergestellt). Die verschiedenen Formen kennzeichnen sich auch durch ihr Verhalten gegen ein Gemisch von Kaliumchlorat und Salpetersäure; dieses greift nämlich den Diamant nicht an, verwandelt den Graphit in Graphitoxyd, die Graphitite in Graphitoxyd, während es die amorphe Kohle völlig hinweg oxydiert. — Von den neu entdeckten anorganischen Verbindungen des Kohlenstoffs finden ferner die Metallcarbonyle, d. h. Verbindungen zwischen Metallen und Kohlenoxydgas, eingehende Behandlung. Unter diesen ist schon längere Zeit bekannt das Kohlenoxydkalium, welches bei der Destillation von verkohltem Weinstein als fester Körper entsteht. Aber Verbindungen zwischen schweren Metallen und Kohlenoxyd sind erst vor kurzem dargestellt worden. Auffallenderweise sind diese gasförmig oder wenigstens sehr flüchtig. Am genauesten untersucht sind das Eisen-carbonyl  $Fe(CO)_4$ , ein Gas, das nicht selten auch im Wassergas und Leuchtgas vorkommt, sowie vor allem das Nickelcarbonyl  $Ni(CO)_4$ . Letzteres entsteht, wenn man über reines Nickel bei  $50^{\circ}$ – $150^{\circ}$  C. einen Strom von Kohlenoxydgas leitet, als ein mit leuchtender Flamme brennendes Gas. Durch Abkühlung kann es zu einer farblosen, sehr flüchtigen Verbindung, die bei  $43^{\circ}$  C. siedet und bei  $-25^{\circ}$  C. erstarrt, verdichtet werden. Der Entdecker, Herr Ludwig Mond, einer der hervorragendsten chemischen Industriellen Englands, hat mit Hilfe dieses Gases eine neue Methode zur Darstellung reinen Nickels in die Praxis eingeführt. Er behandelt nämlich die oxydischen Erze dieses Metalls mit reduzierenden Gasen zum Zwecke der Darstellung des beschriebenen Carbonyls und zersetzt dieses alsdann durch Erhitzen auf  $180^{\circ}$ , wobei sich metallisches Nickel ausscheidet und Kohlenoxyd entweicht. Ferner benutzt er dieses Gas zum Vernickeln von Gegenständen. — Das wenige hier Mitgeteilte wird genügen, um auf den reichen Inhalt des vorliegenden Bandes hinzuweisen. Auch dieser sei, ebenso wie seine beiden Vorgänger, allen Fachgenossen, die über die gewaltigen Fortschritte der chemischen Wissenschaft in gründlicher und zusammenfassender Weise unterrichtet sein wollen, aufs wärmste empfohlen.

J. Schiff.

**Allgemeine und physikalische Chemie.** Von Max Rudolphi. Leipzig, G. J. Göschensche Verlagshandlung. 1898. 193 S. M. 0,80.

Die Thatsachen und Gesetzmäßigkeiten, welche den Inhalt der physikalischen Chemie bilden, in der knappen Weise zur Darstellung zu bringen, wie es die zur „Sammlung Göschen“ gehörenden Bücher erfordern, ist immerhin keine leichte Aufgabe. Es mufs jedoch anerkannt werden, dafs dem durch seine Arbeiten auf thermochemischem Gebiete bekannten Verf. die Lösung dieser Aufgabe in sehr befriedigender Weise gelungen ist. In dem engen Rahmen, der ihm gegeben war, hat er ein Bild von allem Wissenswerten entworfen, was in den einzelnen Gebieten der allgemeinen Chemie erforscht ist und dabei noch Raum übrig behalten, um die wichtigsten Forschungsmethoden, wie z. B. Dampfdichtebestimmungen, thermochemische Messungen u. s. w. kurz zu schildern. In der Anordnung des Stoffes schliesst sich der Verf., der, wenn wir nicht irren, der Ostwaldschen Schule angehört, an die „allgemeine Chemie“ dieses verdienten Forschers an; nur die Verwandtschaftslehre hat, nach der Ansicht des Referenten nicht zum Vorteil der Darstellung, einen anderen Platz, nämlich weit vor der Elektrochemie erhalten. Dafs der Verf. die Atomgewichte auf  $O = 16$  bezieht, ist selbstverständlich; eigentümlicher Weise ist aber nicht die neueste von Seubert (*Zschr. f. anorgan. Chem.* **13**, 231) auf Grund namentlich der Untersuchungen von Morley gegebene Atomgewichtstabelle ab-

gedruckt; die Abweichungen sind allerdings nur unbedeutend, das Kobalt hätte aber, namentlich mit Rücksicht auf das periodische System, besser seinen Platz vor dem Nickel gefunden, obwohl die Bestimmungen seines Atomgewichtes bekanntlich zu widersprechenden Resultaten geführt haben. Als ein Übelstand wird aber vielfach die Anordnung der Elemente in dieser Tabelle empfunden werden, die nicht nach der alphabetischen Reihenfolge, sondern nach steigendem Atomgewicht der Elemente getroffen ist. Der Zweck dieser Tabelle ist doch, den Unkundigen gegebenenfalls über die Größe des Atomgewichtes eines Elementes schnell zu orientieren, und dies ist durch die gewählte Reihenfolge sehr erschwert. Das periodische System findet zudem später noch seine besondere Erörterung.

In der ersten Formel auf S. 74 ist die Bedeutung von  $g$  als spezifisches Volumen nicht erklärt; störend ist ferner der Druckfehler auf S. 82, Z. 4 v. o. Molekularration statt -rotation und in der Gleichung auf S. 94, Z. 5 v. o., wo + statt = steht.

H. Böttger.

**Lehrbuch der anorganischen Chemie.** Von Prof. Dr. H. Erdmann in Halle. Mit 276 Abbildungen und 4 farbigen Tafeln. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1898. XXVI und 756 S. M. 18.

Obgleich zur Zeit an brauchbaren und guten Lehrbüchern der anorganischen Chemie kein Mangel ist, so möchten wir doch dem vorliegenden prophezeien, daß es sich in der Reihe derselben in kurzem einen Platz an ziemlich hervorragender Stelle sichern wird. Hervorgegangen ist das Buch aus dem altbewährten, in erster Linie für Mediziner bestimmten, „Gorup-Besanez'schen Lehrbuch der Chemie“, das seinerzeit auch für den Schulmann eines der besten chemischen Lehrbücher war. Der inzwischen erfolgte Aufschwung der anorganischen Chemie bedingte natürlich eine vollständige Neubearbeitung, so daß das Buch, wie der Verfasser selbst bemerkt, nicht mehr als „8. Auflage“ des genannten Lehrbuches bezeichnet werden kann, — wenn auch hier und da kleinere Abschnitte, die noch ganz das alte Gepräge tragen, mit hinüber genommen wurden. Dies liegt für jeden auf der Hand, der das erwähnte Lehrbuch vor 20–25 Jahren — in welcher Zeit die letzte von Gorup-Besanez' Hand besorgte Ausgabe erschien — benutzte und nun dieses neue Buch damit vergleicht. Das Charakteristische desselben ist weniger die stets fesselnde, von vielen originalen Versuchen durchsetzte Stoffbehandlung als vielmehr eine besonders glückliche Verknüpfung der reinen Wissenschaft mit der Praxis im allgemeinsten Sinne. Nicht nur die verschiedensten praktischen Anwendungen und die Technologie finden eine weitgehende, durch vorzügliche Holzschnitte unterstützte Berücksichtigung, sondern auch die experimentelle Technik ist noch weiter ausgebildet, als dies schon im ursprünglichen Vorbild geschehen war, so daß auch die Unterrichtspraxis der höheren Lehranstalten vielfach unmittelbaren Nutzen daraus ziehen kann. Sehr willkommen sind für die letzteren auch die eingeflochtenen geschichtlichen Notizen, sowie die zahlreichen statistischen Angaben über die Produktions- und Preisverhältnisse der technischen Erzeugnisse, verbunden mit Ausblicken auf den Weltverkehr. Des weiteren sind rühmend hervorzuheben die Kapitel über Argon und Helium, die nach eigenen im physikalischen Institut der Universität Halle ausgeführten und zum größten Teil anderweitig noch nicht veröffentlichten Untersuchungen bearbeitet wurden, und in denen alle experimentellen Einzelheiten der Darstellung dieser Gase zu finden sind. Ebenso sind hervorzuheben die beigegebenen vier neuen Spektralfeln, von denen die erste in vorzüglicher Darstellung die Spektren von Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Helium und Argon enthält. Hier konnte in der Überschrift der Ausdruck „permanente“ Gase (Taf. I) wohl besser durch einen andern ersetzt werden, zumal das Helium, von dem es im Buch heißt, daß es das einzige Gas sei, welches bei keiner bis jetzt erreichten Temperatur verflüssigt werden kann, inzwischen ebenfalls durch J. Dewar verflüssigt worden ist. Der zu Irrtümern Veranlassung gebende Name Marcasit, als veraltetes Synonym für Wismuth, wäre besser weggeblieben. In einer Neuauflage könnten zweckmäßig auch einige Thatsachen aus der Thermochemie eine Stelle finden. Im übrigen berücksichtigt das Buch alle neueren Entdeckungen, auch auf technischem Gebiet, bis in die neuesten Phasen hinein. Es wird daher den verschiedensten Bedürfnissen gerecht und kann ganz allgemein aufs wärmste empfohlen werden.

O. Ohmann.

### Programm-Abhandlungen.

**Über elektrische Entladungsfiguren auf photographischen Platten.** Von Anton Blümel. 7. Städt. Realschule zu Berlin, 1898. Pr.-No. 123. Mit 2 Figurentafeln.

Der Verf. hat die Figuren näher untersucht, die auf lichtempfindlichen Gelatineplatten entstehen, wenn man die Entladung eines Induktoriums darauf übergehen läßt. Er führt die dabei auftretende Verschiedenheit der positiven und negativen Entladungsfiguren darauf zurück, daß die letzteren durch fortgeschleuderte glühende Luft- oder Drahtteilchen erzeugt werden, während die positiven als eine durch diese elektrische Ausbreitung hervorgerufene Induktionsfigur zu betrachten seien. Als Ausgangspunkt einer jeden elektrischen Erregung glaubt er im Zusammenhange hiermit die negative

Elektrode bezeichnen zu müssen. Die Eigentümlichkeiten der beiden Figuren finden von diesem Gesichtspunkte aus eine befriedigende Erklärung. Auch die Erscheinungen am Cohärer und die Lichtenbergschen Figuren werden vom Verf. auf eine vom negativen Pol ausgehende Wellenbewegung zurückgeführt.

P.

**Über die Methoden zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde.** Von Dr. Eduard Wawrzik. Kgl. kathol. Gymnasium zu Oppeln, 1898. Pr. No. 210.

Die Abhandlung enthält eine lehrreiche Zusammenstellung der Methoden nebst Angaben über die dabei auszuführenden Berechnungen. Behandelt werden nacheinander die Bestimmungen durch Lotablenkung (Maskelyne und Hutton, James, C. A. F. Peters, Pechmann); mittels der Drehwage (Cavendish, Reich, Baily, Cornu und Baille, Boys, Braun); durch Pendelschwingungen in der Tiefe eines Schachtes und an der Erdoberfläche (Airy, Albrecht, v. Sterneek); durch die Länge des Sekundenpendels auf einem Berge (Carlini); mittels der Wage (v. Jolly, Poynting, Richarz und Krigar-Menzel); mittels Pendelschwingungen unter dem Einfluss anziehender Massen aus Gusseisen (Wilsing); mittels des Wasserstoffgravimeters (Berget 1894). Der Verf. giebt dem von Boys und Braun übereinstimmend erzielten Wert 5,527 den Vorzug, der auch mit dem Mittelwert von Cornu und Baille (5,53) gut zusammen stimmt und von dem Wert von Richarz und Krigar-Menzel (5,505) nicht allzusehr abweicht.

P.

**Physikalische Versuche.** Von Dr. August Köhler. Großherz. Hess. Realschule und Progymnasium zu Bingen a. R., Ostern 1898. Pr. No. 674.

Der Verf. teilt eine Reihe von Versuchen mit, die zum größeren Teil bekannt sind und dennoch vielen willkommen sein werden, da dankenswerte Winke über die Art der Ausführung gegeben sind: ein Töplerscher Flammenzeiger, Kundtsche Staubfiguren, chemische Harmonika, der Meldesche Stimmgabelversuch, ein einfaches Elektroskop, ein Dielektricitätsversuch, Elektroden für Projektion elektrolytischer Versuche, Projektion der chemischen Vorgänge im Element, einfaches Magnetometer mit Spiegelablesung, Darstellung des Weges von Lichtstrahlen, das Thermoskop mit Silberquecksilberjodid. Man vergl. auch die Anzüge in d. Heft S. 95.

P.

**Physikalische Übungen und Aufgaben im Anschluss an den Unterricht.** Von Julius Hiller. Luisenstädt. Oberrealschule zu Berlin, Ostern 1898. Pr. No. 116. Mit einer Tafel.

Die mitgeteilten Übungen sind für Schüleraufgaben in der Obersekunda bestimmt, sie beziehen sich auf Magnetismus, Elektrizität und Wärme und umfassen folgende Einzelversuche: Herstellung der Kurven im magnetischen Kraftfelde, Bestimmung des Trägheitsmoments eines Magnets, Bestimmung der Intensität des Erdmagnetismus; Herstellung der Kurven im Kraftfelde eines elektrischen Stromes, Drehung eines stromführenden Leiters um einen Magnetpol und umgekehrt, Wirkung paralleler Ströme auf einander, desgl. sich kreuzender Ströme, Bestimmung des Reduktionsfaktors einer Busssole; Widerstandsbestimmungen mit der Tangentenbusssole und mit der Wheatstoneschen Brücke; Bestimmung der spezifischen Wärme verschiedener Körper, der Schmelzwärme und der Verdampfungswärme des Wassers. Mit diesen Übungen verknüpft sind Berechnungen und Aufgaben.

P.

**Physikalische Aufgaben über Maxima und Minima in mathematischer Behandlung.** Von Dr. Heinrich Lüdtke. Realgymn. und Realschule zu Iserlohn. Ostern 1898. Pr. Nr. 388.

Angesichts der neueren Bestrebungen, eine innigere Fühlung zwischen dem mathematischen und dem physikalischen Unterricht herzustellen, war es ein glücklicher Gedanke, die in der Physik sich darbietenden Probleme eines Maximums oder Minimums zusammenzustellen. Nicht weniger als 95 Aufgaben werden in der vorliegenden Abhandlung mitgeteilt; von diesen beziehen sich 51 auf Bewegungsvorgänge im engeren Sinne, 7 auf Festigkeit, 5 auf Trägheitsmomente, 4 auf dynamische Verhältnisse, je 1 auf Aerostatik und Wärmelehre, 6 auf Elektrostatik, 2 auf Galvanismus, 18 auf Optik. Die auf Elektrostatik bezüglichen sollen nächstens in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden. Die für elementare Lösung angewandten Methoden bestehen teils in der Anwendung geometrischer Sätze, teils in der Untersuchung der Wurzelwerte einer Gleichung, teils in der Schellbachschen elementaren Differenzialmethode, teils in besonderen dem Problem angepassten Verfahrensweisen.

P.

**Lösungen von Aufgaben aus der analytischen Mechanik.** Von Prof. Ludwig Hofmann. Guericke-Schule (O.R. und R.G.) zu Magdeburg, Ostern 1898. Pr. No. 283.

Der Verfasser giebt die ausführlichen Lösungen von 28 Aufgaben, die dem Übungsbuch von Dr. Arw. Fuhrmann entnommen sind. Er beabsichtigt damit, früheren Schülern der Anstalt, die technische Hochschulen besuchen, Beispiele und Anregungen zu bieten. Auch Fachcollegen werden an dem Dargebotenen Interesse finden.

P.



**Schulhygienische Fragen und Mitteilungen.** Von Prof. Dr. B. Schwalbe. Dorotheenstädt. R.-G. zu Berlin, Ostern 1898. Pr. Nr. 94.

Nach einem historischen Rückblick auf die Klagen, die seit Jahrzehnten über den gesundheits-schädigenden Einfluß der Schule erhoben worden sind, wird die Pflicht der Schule anerkannt, im Unterricht wie in der Behandlung der Schüler auf die Hygiene Rücksicht zu nehmen. Auf die wichtigsten in dieser Hinsicht zu befolgenden Grundsätze wird hingewiesen und gegenüber oft mangelhaft begründeten Klagen eine Anleitung zu einer sachgemäßen Statistik gegeben. Namentlich lehrreich ist ein Bericht über eine die Belastung durch Schulutensilien betreffende statistische Untersuchung. In einem Anhang wird in zwei von den Herren Lüpke und Böttger herrührenden Darstellungen mitgeteilt, in welchem Umfange die Grundlehren der Hygiene beim Unterricht erörtert werden können. Die erste erstreckt sich, abgesehen von den in die Physik fallenden Gegenständen, auf Chemie der Nahrungsmittel, Zusammensetzung der Luft, das Wasser als Genussmittel, die Elemente der Bakteriologie; die zweite behandelt besonders ausführlich die Luft, nebst deren Verunreinigungen (Gase, Dämpfe, Staub, Luftkeime), ferner die Wärmeökonomie des Körpers, das Wasser, die Ernährung. Im Anschluß daran wird der von W. v. Siemens angegebene Wasserkochapparat beschrieben und durch Abbildungen erläutert. Endlich findet man noch Angaben über die Behandlung der Hygiene beim Unterricht im pädagogischen Seminar, und Formulare von Gesundheitslisten, wie sie am Dorotheenstädtischen R.-G. eingeführt sind.

P.

**Die Größe des Planspiegels im Verhältnis zur Gegenstandsgröße.** Von Prof. Julius Sonntag. (Landes-Oberrealschule in Znaim. Ostern 1898.) 11 S.

Der Verf. behandelt eine sehr einfache Aufgabe: Er legt durch den Augenpunkt  $O$  eine Ebene senkrecht zu einem Planspiegel, zieht von  $O$  Strahlen nach den Endpunkten der Strecke, die den Spiegel darstellt — er nennt diese Strecke „Größe“ des Spiegels —, und die zu jenen Randstrahlen gehörigen reflektierten Strahlen, von denen auf einer beliebigen Geraden der Ebene ein Stück ausgeschnitten wird, das der Verf. „Gegenstandsgröße“ nennt. Wie diese Größe sich mit der Entfernung vom Spiegel und der Richtung ändert, zeigt ja die Anschauung sehr einfach. Der Verf. aber leitet dafür eine mathematische Formel her und diskutiert sie nach allen Richtungen. Das mag eine ganz nützliche mathematische Übungsaufgabe für die Schule sein; wozu aber eine solche Schüleraufgabe als Programm drucken lassen? Für die Physik kommt dabei natürlich gar nichts von Wert heraus.

Götting.

## Versammlungen und Vereine.

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

Vom 3. bis 15. Oktober v. J. wurde der dritte vom Physikalischen Vereine zu Frankfurt a. M. im Auftrage des Königl. Unterrichts-Ministeriums veranstaltete Ferienkursus abgehalten. Es hatten sich 38 Teilnehmer aus allen preussischen Provinzen eingefunden.

Der Vorsitzende des Physikalischen Vereines, Herr Prof. PETERSEN, eröffnete am 3. Oktober morgens den Kursus. Im Namen der städtischen Behörden begrüßte Herr Stadtrat GRIMM die Teilnehmer. Hierauf ergriff der bewährte Leiter der Frankfurter Kurse, Herr Direktor Dr. BODF, zu einer einführenden Ansprache das Wort, in welcher er als die Eigenart dieser Kurse die zweckmäßige Beschränkung auf einzelne physikalische Gebiete hervorhob. Diesem Grundsatz getreu war der Schwerpunkt der Darbietungen diesmal wieder in das Gebiet der Elektrotechnik gelegt.

Es wurden folgende Vorlesungen gehalten:

1. Herr Dr. DÉGUISNE: Elemente der Gleichstromtechnik (8 Stunden). Der Vortragende ging von den Wirkungen des elektrischen Stromes aus und besprach die auf den verschiedenen Wirkungsarten beruhenden Strommessinstrumente. Dann erläuterte er durch Experimente die Begriffe des Potentials, der Potentialdifferenz zweier Pole, des Spannungsabfalles in einem Stromleiter, ferner des äußeren und inneren Widerstandes. Hieran schlossen sich Versuche zur Darlegung des Ohmschen, sowie des Kirchhoffschen Gesetzes. Sodann wies er das Joulesche Gesetz experimentell nach und kam zu dem Begriffe der elektrischen Energie und ihrer Masseinheit, die er mit der kalorischen und mechanischen verglich. Es folgte die Erörterung der magnet-elektrischen Vorgänge im Grammeschen Ringe und endlich die Besprechung und Vorführung der Dynamomaschinen und elektrischen Motoren, mit Hauptstrom und mit Nebenschluß. Die letzte Stunde wurde auf den Wunsch vieler Teilnehmer den Akkumulatoren gewidmet, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendbar-

keit in der Schule. Ihre Konstruktion, Ladung und Wartung, die zulässige Stromdichte, die Kapazität wurden besprochen, und eine Kostenberechnung für die Ladung einer Batterie von 4 Zellen zu 10 Ampère-Stunden Kapazität aufgestellt. Es kostet die Ladung durch Daniell-Elemente 24 pf., durch Anschluss an Elektrizitätswerke 70 pf., durch eine Thermosäule von 4 Volt Spannung 35 pf.

2. Herr Prof. Dr. EPSTEIN, früher Dozent des Physikalischen Vereins, besprach in seinen Vorlesungen über die Elemente der Wechselstromtechnik (8 Stunden) zunächst die Beziehungen des magnetischen Feldes, der Kraftlinien und der Feldstärke, insbesondere den Einfluss des in die Magnetisierungsspirale eingeführten Eisenkerns auf die Feldstärke. Dann wurden die durch Rotation einer Spule im magnetischen Felde entstehenden Wechselströme, ihre Periodizität und ihr Effektivwert behandelt. Es schlossen sich die Erscheinungen der Phasenverschiebung bei der Zusammensetzung von Wechselströmen, des scheinbaren Widerstandes einer selbstinduzierenden Spule an. Hierauf folgte die Erzeugung des magnetischen Drehfeldes durch Mehrphasenströme. Zu den praktischen Anwendungen übergehend, besprach der Vortragende die verschiedenen Formen der durch Wechselstrom betriebenen Motoren und erläuterte die Vorzüge der Drehstrommotoren gegenüber den Gleichstrommotoren: ihre technische Einfachheit, den Fortfall des empfindlichen Kollektors, die bequeme Transformation bei geringem Energieverluste.

3. Herr Ingenieur E. HARTMANN, Mitinhaber der rühmlichst bekannten Firma Hartmann und Braun, gab (in 4 Stunden) einen sehr anschaulichen Überblick über die Entwicklung der Galvanometer-Konstruktion und führte zahlreiche ältere und neuere, zum großen Teile in seiner Fabrik konstruierte Apparate vor.

4. Herr Prof. Dr. W. KÖNIG sprach über die Wiedergabe der natürlichen Farben in der Photographie (4 Stunden). Nach kurzer Erwähnung der älteren, nur theoretisch interessanten Verfahren von Poitevin und Lippmann erklärte er eingehend das Ivesche Chromoskop und die schon früher von Mile, sowie von Challis publizierte, neuerdings von Joly ausgeführte Methode des Farberasters. Diese auf einer vom Auge ausgeführten Addition der Farbwirkungen beruhenden Verfahren stehen im Gegensatz zu dem Selleschen, das auf eine Art Subtraktionswirkung gegründet ist, indem passend gewählte Mischfarben zu einer Spektralfarbe sich vereinigen. Hier werden daher, wie auch beim Dreifarbendruck, die Reproduktionsfarben komplementär zu den Aufnahmearten gewählt. Alle diese Methoden wurden durch Vorführung ausgezeichneter Bilder erläutert; Bewunderung erregten namentlich Photographieen von Lumière in Paris.

5. In den Vorlesungen über elektrische Schwingungen (6 Stunden), gleichfalls von Prof. W. KÖNIG gehalten, wurden zunächst die langsamen Oscillationen zwischen zwei mit einem Induktorium verbundenen Leydener Flaschen gezeigt, und zwar sowohl die oscillierenden Ströme, als auch die wechselnden Ladungen. Das Schließen und Öffnen des primären Stromes geschah durch die Schwingungen eines Pendels, und zugleich wurden an diesem die verschiedenen den sekundären Strom unterbrechenden Vorrichtungen angebracht, welche zur Sichtbarmachung der Oscillationen dienten (Methode von Bichat und Blondlot). Die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Quadratwurzel aus Kapazität und Selbstinduktion wurde nachgewiesen. Nach Ersetzung der Flaschen durch Luftcondensatoren, bezw. einfache Drähte, wurden die schnellen Schwingungen an ihren Resonanzerscheinungen demonstriert. Den Beschluss bildeten Versuche mit dem Righischen Erreger: Absorption, Reflexion, Brechung etc. freier elektrischer Wellen.

6. Eine Reihe neuerer Modelle und Schulversuche wurde ebenfalls von Prof. KÖNIG vorgeführt.

7. Herr Prof. Dr. LE BLANC von den Höchster Farbwerken gab einige Erläuterungen zum Gesetze der chemischen Massenwirkungen (2 Stunden).

8. Herr Prof. Dr. FREUND: Über Arrhenius' Theorie der elektrolytischen Dissoziation und die osmotische Theorie des Stromes der Voltaschen Ketten (6 Stunden). Nach Arrhenius sind die Ionen, in welche jedes Elektrolyt in wässriger Lösung sich spaltet, die Träger der elektrischen Erregung, und der Sitz derselben die Berührung zwischen Leitern erster und zweiter Klasse. Der Betrag der Potentialdifferenz zwischen Metall und Lösung hängt ab von dem Verhältnisse des „Lösungsdruckes“ des Metalles zu dem — nach dem Konzentrationsgrade veränderlichen — osmotischen Gegendrucke der Lösung. Diese Theorie wurde auf die verschiedenen Arten von Voltaschen Ketten im einzelnen angewendet und durch zahlreiche Experimente erläutert.

9. Herr Prof. Dr. FREUND: Über die Verflüssigung der atmosphärischen Luft (1 Stunde). Nach kurzem Überblick über die verschiedenen Methoden der Kälteerzeugung und genauerer Beschreibung des Lindschen Apparates wurde eine Reihe von Versuchen mit flüssiger Luft ausgeführt, welche für diesen Zweck von den Höchster Farbwerken mit dankenswerter Bereitwilligkeit hergestellt war. — Über die Anwendung der Elektrizität zur Erzielung hoher Temperaturen (1 Stunde).

An die unter 1. und 2. genannten Vorlesungen schlossen sich die von Prof. EPSTEIN und Dr. DÉGUISNE geleiteten elektrotechnischen Übungen an. Es beteiligten sich 20 Herren in 4 Gruppen, jede unter der Anleitung eines Assistenten. Wie bei den früheren Kursen wurde Wert darauf gelegt, daß die Übenden die charakteristischen Eigenschaften der wichtigsten Instrumente kennen lernten und danach die richtige Auswahl und Anordnung für ihre Arbeiten möglichst selbständig trafen. Auch wurde stets auf zahlenmäßige Verknüpfung wirklicher Werte in Volt, Ampère, Ohm gehalten, sowie auf anschauliche Erkenntnis der magnetischen Verhältnisse im Wechselstromkreise und der dafür wichtigsten Begriffe. Folgende Arbeiten wurden ausgeführt: Aichung von Galvanometern mit Milliampèremetern. — Aichung von Starkstrominstrumenten für Gleichstrom mit Wasservoltmeter, sowie für Wechselstrom mit Elektrodynamometer. — Aichung von Voltmetern für Gleich- und Wechselstrom (Aichungskurven, Korrektionskurven, Kreisskalen, Differenz von Gleichstrom- und Wechselstromangaben). — Messung des Potentialverlustes in Ampèremetern. — Messung des Stromverbrauches von Voltmetern. — Messung des Widerstandes von Voltmetern und Ampèremetern nach der Ersatzmethode bezw. mit der Wheatstoneschen Brücke. — Widerstandsmessungen an Bogenlampen und Einregulierung einer Hauptstrom- und einer Nebenschlußlampe. — Bestimmung der Momentanwerte der Spannung einer Wechselstrommaschine mit Joubertscher Scheibe. — Messungen von Wechselstromspulen (scheinbarer Widerstand, scheinbare Watt, wirkliche Watt, Phasenverschiebung). — Messungen am Transformator (Leerlaufstrom, Rückwirkung des sekundären Stromkreises auf den primären, Umsetzungsverhältnis, Wirkungsgrad, Phasenverschiebung). — Untersuchung der Betriebsverhältnisse einer Gleichstrommaschine (Einfluß der Tourenzahl, Erregung, Belastung, Bedienung des Gasmotors). — Bremsung eines Elektromotors. — Photometrie (Abhängigkeit der Helligkeit und der Ökonomie einer Glühlampe von der Spannung).

Die zahlreichen industriellen Etablissements, welche besucht wurden, seien hier nur kurz aufgeführt, zumal da einige derselben in dem Berichte über den vorjährigen Kursus (*d. Zeitschr. X 210*) eingehender gewürdigt sind: Städtisches Elektrizitätswerk, Werke der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Lahmeyer & Co., Lithographische Anstalt von Werner & Winter, Adler-Fahrradwerke vorm. H. Kleyer, Gold- und Silberscheideanstalt (hier wurde u. a. die elektrolytische Goldgewinnung gezeigt), Chemische Fabrik in Griesheim, Höchster Farbwerke, wo auch der Lindesche Apparat in Thätigkeit vorgeführt wurde. Besonders erwähnt sei noch der Besuch der musterhaft betriebenen Fabrik elektrischer Meßinstrumente von Hartmann & Braun, wo die Maschinen- und Akkumulatorenanlagen, die höchst mannigfaltigen Zweige der Fabrikation und endlich das getrennt vom Fabrikbau errichtete physikalische Institut mit seinen geradezu vorbildlichen Einrichtungen für wissenschaftliche Arbeiten das lebhafteste Interesse erweckten. In allen diesen gewerblichen Anlagen war in zuvorkommendster Weise für sachkundige Führung gesorgt, vielfach auch nach der Besichtigung Gelegenheit geboten, sich bei Speise und Trank über das Gesehene auszusprechen.

Während der Übungen besuchten die nicht hieran beteiligten Herren wiederholentlich das Senckenbergische Museum, wo auch von Herrn Prof. REICHENBACH Vorträge über zoologische Gegenstände gehalten wurden.

Eine Nachmittagspartie nach Cronberg, Schloß Friedrichshof und Burg Falkenstein und ein Sonntagsausflug nach dem Melibokus und dem Auerbacher Schlosse unterbrachen wohlthuend die Arbeit.

Am 15. Oktober wurde der Kursus offiziell geschlossen, nachdem am Abend zuvor ein Abschiedessen die Mitglieder mit den Dozenten und zahlreichen anderen Gästen vereinigt hatte. Die Teilnehmer schieden von Frankfurt mit dem Gefühle der vollen Befriedigung über das Dargebotene und des aufrichtigen Dankes gegen alle um das Zustandekommen und den Verlauf des Kursus verdienten Behörden und Personen, namentlich auch gegen Herrn Direktor Dr. BODE, den allzeit unermüdeten und liebenswürdigen Leiter.

*Dr. K. Beucke, Berlin.*

### **Praktische Übungskurse des Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin, im Oktober 1898.**

Der Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin hat im Oktober des verflossenen Jahres zwei Übungskurse für einen Teil seiner Mitglieder ins Werk gesetzt. Als Arbeitsgebiet wurden nach dem Vorgange von Frankfurt a. M. (vergl. *d. Zeitschr. X 209* und den vorhergehenden Bericht) die Elektrotechnik und die Landmessung gewählt. Für die Leitung des ersten Kursus wurden die Mitglieder des Vereins, Herr Prof. Dr. Szymański, Subdirektor der I. Handwerker-schule, und Herr Dr. Höpfner, Lehrer der Elektrochemie an derselben Anstalt, gewonnen. Als Unterrichtsmittel standen zur Verfügung die Einrichtungen und Meßapparate der Schule für Elektrotechniker, welche mit der I. Handwerkerschule verbunden ist. Für den Kursus in der Landmessung

hatten sich Herr Vermessungsinspektor Ottsen und Herr Landmesser Radbruch vom städtischen Vermessungsamt erboten.

Nachdem der Herr Unterrichtsminister einen Beitrag zu den Kosten bewilligt hatte, beschloß der Verein, die übrigen Kosten durch die Teilnehmer an den Kursen selbst aufzubringen. Der Magistrat von Berlin erklärte sich bereit, die Unterrichtsräume und Meßapparate der I. Handwerker-schule zur Verfügung zu stellen, sowie einen Landmesser des städtischen Vermessungsamtes für die Dauer des Kursus von mittags 12 Uhr ab zu beurlauben.

Die Teilnehmerzahl betrug in der Elektrotechnik 14, in der Landmessung 4. Der Grund der schwächeren Beteiligung lag zum Teil darin, daß die Sicherstellung der Kurse durch eine Verzögerung der Magistratsentscheidung erst ziemlich spät erfolgte. Die Dauer der Kurse war ursprünglich auf 10 Tage berechnet. Aus Rücksicht auf die Dauer der Michaelisferien zu Berlin mußte diese Zeit etwas gekürzt werden. Es wurde dafür die tägliche Arbeitszeit verlängert. Die Verkürzung der Gesamtdauer hat bei der verhältnismäßig geringen Zahl der Teilnehmer keinerlei Nachteile gebracht.

Im elektrotechnischen Kursus arbeiteten die Teilnehmer vom 3. bis zum 8. Oktober täglich von 8 bis 1 Uhr in Gruppen von je zweien. Es handelte sich darum, in der kurz bemessenen Zeit von 6 Vormittagen ein übersichtliches und möglichst vollständiges Bild der in der elektrotechnischen Praxis angewendeten Apparate und Arbeitsweisen zu geben und gleichzeitig Gelegenheit zu gewähren, sich mit der Handhabung dieser Apparate und der Anwendung der Methoden auch praktisch vertraut zu machen.

Um raschen Fortschritt zu ermöglichen, waren die zu jeder Arbeit erforderlichen Apparate stets vorher an Ort und Stelle zusammengestellt; die Ausführung der Schaltung selbst blieb den einzelnen Herren nach einer ihnen vorgezeichneten Skizze überlassen. Durch diese Anordnung wurde es möglich, nicht nur das Gebiet des Gleichstromes in solcher Weise zu erledigen, daß für alle die Meßtechnik betreffenden Aufgaben wenigstens eine und zwar die jedesmal praktisch wichtigste Arbeitsweise geübt wurde, sondern auch noch photometrische Messungen an Glüh- und Bogenlampen und einige Aufgaben aus dem Gebiete des Wechselstromes zu behandeln.

Des Näheren wurden aus dem Gebiete des Gleichstromes während der ersten Hälfte des Kursus folgende Aufgaben behandelt: Messung von Strömen mit geaichten Ampèremetern und Aichung von Ampèremetern; Messung von Widerständen mit Hilfe geaichter Normale und Controlle der Normalwiderstände; Messung von elektromotorischen Kräften und Spannungsdifferenzen mit Elektrometern unter Anwendung der Normalelemente und mit geaichten Voltmetern, sowie die Aichung der Normalelemente mit dem Silbervoltmeter; die Aichung von Elektrizitätszählern mit Hilfe geaichter Ampèremeter und Voltmeter.

Speziell die verschiedenen Methoden der Widerstandsmessung waren nach praktischen Gesichtspunkten eingeteilt je nach der Größe der vorliegenden Leitungswiderstände. Für Widerstände mittlerer Größe wurde neben der Methode des Differentialgalvanometers besonders die Methode der Wheatstoneschen Brücke geübt und deren Meßbereich sodann in ihrer Abart, der Siemensbrücke, vergrößert, andererseits wurde in der Telephonbrücke ihre Methode auf Messung von elektrolytischen Flüssigkeitswiderständen ausgedehnt. Zur Vermeidung von Übergangswiderständen bei Messung sehr kleiner Widerstände ergab sich durch strengere Anwendung des der Wheatstoneschen Brücke zu Grunde liegenden Gesetzes die Schaltungsweise der Matthiessen-Brücke.

Zur Messung sehr großer Widerstände wurde die Substitutionsmethode als „Methode des direkten Ausschlages“ unter Anwendung von Spiegelgalvanometern verwendet und nach dieser Methode und mit dem dadurch geaichten „Isolationsprüfer“ die Isolationsprüfung von Kabeln gezeigt.

Bei all diesen Widerstandsmessungen wurde besonders auch darauf geachtet, daß die jeder Methode anhaftende Ungenauigkeit ermittelt und die Grenze des Fehlers bei jeder Messung prozentuell bestimmt wurde.

Auf dem Gebiete der Strommessung erstreckten sich die speziellen Arbeiten zunächst auf die Einstellung und Schaltung technischer Ampèremeter in einen Stromkreis, welcher Glühlampen und Bogenlampen speiste, wobei gleichzeitig Anleitung zur richtigen Auswahl der Ausschalter und der etwa erforderlichen Ballastwiderstände nach ihrer Größe und Belastungsgrenze gegeben wurde. Sodann folgte die Nachprüfung resp. Aichung der angewendeten Strommesser zunächst durch Knallgas- und Kupfer-Voltmeter und weiterhin mit geaichten Präzisionsinstrumenten, dem Torsions- und dem Westongalvanometer. Die Aichung der letzteren wurde in der zweiten Hälfte des Kursus nach der Kompensationsmethode ausgeführt.

Für Spannungsmessungen wurde zuerst ein als Strommesser geaichtes Torsionsgalvanometer unter Kenntnis seines Widerstandes zu einem Spannungsmesser umgewandelt, indem aus Strom und Widerstand die Spannungsdifferenzen zwischen den Klemmen berechnet wurden. Ferner wurde das-

selbe unter Berücksichtigung des kleinen Spannungsverlustes der Zuleitungen zu Spannungsmessungen an den Klemmen von galvanischen Elementen und Akkumulatoren, sowie zwischen zwei Punkten einer stromdurchflossenen Leitung, z. B. den Klemmen von Glüh- und Bogenlampen, verwendet, und schliesslich wurden andere technische Voltmeter mit diesem Torsionsgalvanometer geaicht.

An diese elementaren Aufgaben schlossen sich nun während der zweiten Hälfte des Kursus komplizirtere Arbeitsmethoden, nämlich einerseits die genauere Aichung der bei den bisherigen Arbeiten vorausgesetzten Normalen und Präzisionsmeßinstrumente, andererseits Messungen an Dynamomaschinen, Motoren, elektrischen Heizapparaten u. s. w. an.

Spezieller wurde begonnen mit der praktisch wichtigen Compensationsmethode. Hiermit wurden die elektromotorischen Kräfte von galvanischen Elementen gemessen und Volt- und Ampèremeter geaicht. Die hierbei als bekannt vorausgesetzten elektromotorischen Kräfte von Normalelementen wurden sodann mit dem Silbervoltmeter ebenfalls nach der Compensationsmethode bestimmt, oder es wurde wenigstens die hierzu erforderliche Schaltungsweise vorgeführt. Auch derjenigen Voraussetzungen wissenschaftlicher Art, auf die man bei dieser rückläufigen Reihenfolge der Aichungen schliesslich stößt, nämlich der Definition und Bestimmung der Stromeinheit (Ampère), des Volt als Spannungseinheit, des Ohm als Widerstandseinheit wurde Erwähnung gethan.

Die Arbeiten mit Dynamomaschinen als Stromquelle bezogen sich auf die Ermittlung der elektromotorischen Kraft derselben in ihrer Abhängigkeit von der elektromotorischen Kraft der einzelnen Ankerwindungen bei ihrem Durchgang durch die einzelnen Stellen des Kraftfeldes, in ihrer Abhängigkeit von der Tourenzahl, von dem den Stromkreis schliessenden Widerstand und von dem gelieferten Strom u. s. w. (Charakteristik).

An Motoren wurden Bremsversuche und Nutzeffektmessungen vorgenommen. Bei elektrischen Heizapparaten wurde die in Wärme umgesetzte Energie, an Bogenlampen die erzeugte Lichtmenge gemessen (Webersches Photometer).

Von magnetischen Messungen wurde die Prüfung der magnetischen Eigenschaften von Eisen (Hysteresis) mit dem Torsionsmagnetometer, die Ermittlung der magnetischen Streuung an einem Motor (nach der ballistischen Methode) und die Bestimmung der absoluten Kraftlinienzahl mit einem geaichten ballistischen Galvanometer ausgeführt. Letzteres wurde seinerseits durch geaichte Condensatoren geaicht.

Schliesslich wurden die für die Wechselstromtechnik wichtigen Dynamometer, Hitzdrahtinstrumente, Wattmeter, Elektrometer im Stromkreise einer Wechselstrommaschine verwendet und zum Teil durch Gleichstrom geaicht, sowie die Umwandlung des Wechselstromes in Strom von höherer und niederer Spannung durch einen Transformator vorgeführt.

Die Arbeiten des Kursus in der Landmessung wurden in 8 Tagen erledigt. Sie erfolgten an 6 Tagen im Gelände, an 2 Tagen im Berliner Rathause von mittags 1 bzw. 2 Uhr bis zum Dunkelwerden. Die Arbeiten im Freien waren vom Wetter durchaus begünstigt. Die Arbeiten im Gelände und die rechnerischen und kartographischen Arbeiten leitete Herr Landmesser Radbruch. Den Schluss des Kursus bildete ein Vortrag des Vorstehers des städtischen Vermessungsamtes, Herrn Vermessungsinspektors Ottsen. Diesem Vortrage wohnten 28 Mitglieder des Vereins als Zuhörer bei.

Die Arbeiten waren: 1. Tag: Friedrichshain. Erklärung und Prüfung der Meßgeräte. Übungen mit Fluchtstäben. Ausrichten, Verlängern von geraden Linien, Ausrichten aus der Mitte. Messen gerader Linien mittels Meßband und Meßlatten. Messen gerader Linien mit teilweiser seitlicher Ausweichung. Gebrauch des Winkelspiegels und Winkelprismas zur Absteckung von rechten Winkeln.

2. Tag: Friedrichshain. Vermessungen einer durch krummlinige Promenadenwege abgegrenzten mehrfach ansteigenden Fläche mit Fluchtstäben, Meßlatten und Winkelspiegel bzw. Winkelprisma. Der Flächeninhalt wurde zu 1 ha 43 a 1 qm ermittelt.

3. Tag: Friedrichshain. Vermessung derselben Fläche wie am Tage zuvor durch Polygonaufnahme unter Benutzung eines Theodoliten und der Meßgeräte. Das Schlußergebnis der Winkelmessung brachte einen Winkelfehler von  $2' 27''$ , sowie einen Fehler in der Ordinatenrichtung von 0,06 m und in der Abscissenrichtung von 0,04 m bei einer Gesamtlänge des Polygonumfangs von 498,62 m. Der Flächeninhalt wurde zu 1 ha 43 a 7 qm gefunden, so daß der Unterschied der beiden Messungen 6 qm ergab. Der zulässige Fehler beträgt nach dem Landmesserreglement 1 a 74 qm, nach den Bestimmungen der Neuvermessung Berlins 7,4 qm.

4. Tag: Friedrichshain. Bestimmung und Festlegung eines Polygonzuges durch den Friedrichshain im Anschluß an einen unzugänglichen Dreieckspunkt (Blitzableiter der Bartholomäuskirche) und den zugänglichen Polygonpunkt No. 600 der Berliner Stadtvermessung, unter Benutzung des zugänglichen Polygonpunktes No. 646 und des unzugänglichen Dreieckspunktes (Blitzableiter des

Wasserturms). Der Schlußfehler betrug in der Winkelsumme  $33''$ , in der Ordinatenrichtung  $-0,18$  m und in der Abscissenrichtung  $-0,30$  m bei einer Gesamtlänge des Zuges von 926,17 m.

5. Tag: Viktoriapark. Ausführung eines Präzisionsnivellements und Aufnahme eines Längenprofils der Fahrstraße im Viktoriapark. Das Nivellement wurde an den Fixpunkt No. 2935 (Ordinate 37,838 m über N. N.), Bolzen am Hause Kreuzbergstraße 10 angeschlossen und in einer Schleife wieder auf diesen Punkt zurückgeführt. Der Höhenunterschied zwischen dem niedrigsten und höchsten Punkt betrug 14,50 m. Der Nivellementszug hatte eine Gesamtlänge von ca. 650 m. Der Schlußfehler betrug 0,000 m.

6. Tag: Königsplatz. Trigonometrische Bestimmung der Höhe des Kronenkopfes des Reichstagsgebäudes und der Lanzenspitze der Viktoria auf der Siegestsäule. Die Höhenmessung wurde angeschlossen an den Fixpunkt No. 1575b der Berliner Stadtvermessung (Bolzen am Hause Roonstraße 6. Ordinate 34,508 m über N. N.). Die Berechnung ergab für den Kronenkopf des Reichstagsgebäudes 110,087 und 110,083, im Mittel 110,085 m, für die Lanzenspitze der Viktoria auf der Siegestsäule 95,867 und 95,875, im Mittel 95,871 m.

7. Tag: Bureau des städt. Vermessungsamtes. Praktische Anweisung im Kartieren. Kartierung der Aufnahmen des 2. und 3. Tages im Maßstabe 1:500. Verkleinerung der hergestellten Karte auf den Maßstab 1:1000 mittels des Pantographen. Flächenberechnung mittels des Polarplanimeters. Demonstration des Gebrauchs der Rechenmaschine. Auftragung des Längenprofils der Fahrstraße im Viktoriapark im Maßstab 1:500 für die Längen und 1:50 für die Höhen.

8. Tag: Zeichensaal des städt. Vermessungsamtes. Vortrag über die in den Jahren 1876 bis 1898 durchgeführte Neuvermessung Berlins und die Einrichtung des Berliner Vermessungsamtes unter Vorlegung der einschlägigen Karten und Pläne.

*R. Heyne.*

## Mitteilungen aus Werkstätten.

### Physikalische Combinations-Apparate.

Von Dr. James Moser, Privatdozent an der Wiener Universität.

(Aus der optisch-mechanischen Werkstätte von C. Reichert in Wien.)

Während in der Chemie schon längst einige typische Apparate für die verschiedenartigsten Experimente verwendet werden, sind die Apparate der Physik noch immer so starr construiert, daß es meist ebenso unmöglich ist, die naheliegendsten, notwendigsten Variationen vorzunehmen, als

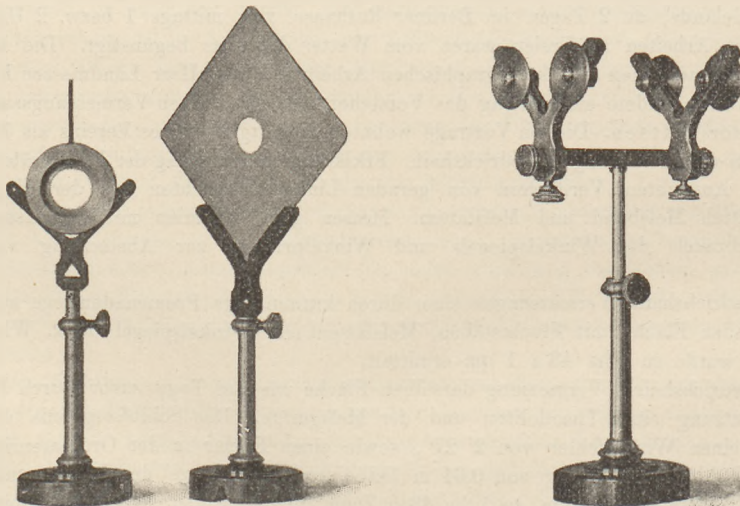


Fig. 1.

Fig. 2.

identische Elementarapparate in verschiedenen Combinationen zu gebrauchen. Die physikalischen Combinationsapparate von Dr. James Moser sind so beschaffen, daß sie vom Experimentator bei seinen Demonstrationen combinirt werden können, wie vom Redner die Worte. Bei der Construction dieser Apparate ist einerseits das Niveau der Universität stets im Auge behalten worden, andererseits

musste die Aufbewahrung ein Minimum von Raum und die Vorbereitung der Versuche ebenso ein Minimum an Zeit in Anspruch nehmen. Dies wurde durch typische Elementarapparate erreicht, welche geeignet sind, die mannigfachsten Combinationen für alle Anforderungen je nach Bedarf augenblicklich herzustellen.

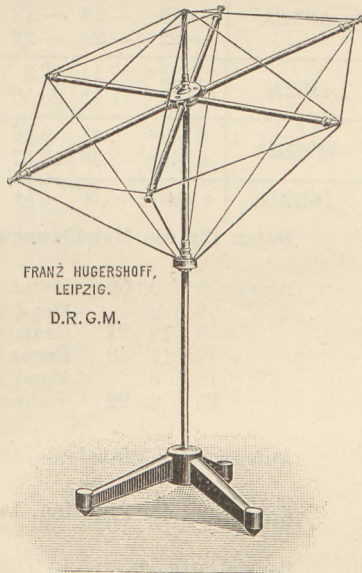
Es liegt zunächst eine Reihe optischer Elementarapparate vor, über die ein besonderes Verzeichnis von der oben genannten Werkstätte ausgegeben wird. Es umfasst zwölf Nummern, mit deren Hülfe namentlich folgende Combinationen herstellbar sind: 1. Huygens Versuch der vier Bilder. — 2. Apparat für polarisiertes paralleles Licht (Orthoskop). — 3. Apparat für polarisiertes convergentes Licht. — 4. Übergang eines zweiachsigen Krystalls in einen einachsigen während der Erwärmung. — 5. Spektral-Analyse. — 6. Spektral-Analyse der Polarisationserscheinungen. — 7. E. Machs synoptische Projektion der Polarisationserscheinungen mittelst rotierenden Analysators. — 8. Saccharimetrie (Soleils Doppelplatte, Jelletts Halbschattenprinzip).

Eine Vorstellung von der Einfachheit der Apparate giebt die beistehende Figur 1 eines V-förmigen Trägers. In die Innenseiten der Schenkel sind zwei Paar Nuten eingefräst, in die Blenden, Linsen u. A. m. eingesetzt werden können. Fig. 2 stellt einen Doppelträger dar, der mit Friktionsrollen versehen ist und für optische Rotationsversuche dient. Als optische Bank wird eine Metallschiene, 150 cm lang, geliefert, ist aber auch entbehrlich.

### Verstellbares Achsenkreuz nach Dr. K. Nestler.

Von Franz Hegershoff, mechanische Werkstatt in Leipzig.

Das verstellbare Achsenkreuz gestattet nicht nur, die Grundformen aller 6 Krystallsysteme (Oktaeder, Pyramiden) an einem einzigen Modell darzustellen, sondern auch mit wenigen Handgriffen die eine Form in die andere überzuführen und endlich von jedem System verschiedene spitze und stumpfe Pyramiden, selbst die Verkürzung der letzteren bis zur Grundfläche, zur Anschauung zu bringen. Es wird dies dadurch erreicht, dass 2 Achsen mittelst mühlsteinartig aufeinander drehbarer Scheiben in beliebige Winkelstellungen zu einander gebracht werden können, während die dritte, mit dem Scheibenpaar ein Kugelgelenk bildend, allseitig beweglich ist; eine vierte Achse für das hexagonale System lässt sich leicht einsetzen. Ferner bestehen alle Achsenhälften aus 2 Röhren, die sich fernrohrartig in einander verschieben und in verschiedenen Stellungen dadurch fixieren lassen, dass eine Feder am äußeren Rohre in Kerben des inneren Rohres schnappt. Der obere Teil der Vertikalachse ist in den unteren völlig einschiebbar, während auf dem unteren ein Schlitten bewegt werden kann. Durch die kreuzförmig durchbohrten Achsenenden sind Gummischnüre gezogen, die die Pyramidenkanten darstellen und wegen ihrer Dehnbarkeit und leichten Beweglichkeit in den Durchbohrungen die Winkelstellungen und Verlängerungen der Achsen erlauben. Die obengenannte Firma fertigt das Modell zum Preise von 20 M. an und hat sich dasselbe gesetzlich schützen lassen.



Das von Herrn H. REBENSTORFF im 1. Heft dieses Jahrgangs (S. 13) beschriebene Modell einer Dampfstrahlpumpe wird von der Glas-, Instrumenten- und Thermometer-Fabrik von A. Eichhorn in Dresden angefertigt und bei Einzelversand für M. 1,50 geliefert.

### Correspondenz.

Berliner Ferienkursus. Der nächste Berliner Ferienkursus wird erst im Herbst 1899 und zwar wie bisher unter Leitung der Herren Schwalbe und Vogel stattfinden. Eine Ausstellung physikalischer, chemischer und geographischer Lehrmittel ist in Aussicht genommen.

Himmelserscheinungen im April und Mai 1899.

☾ Mond, ♀ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,  
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☊ Conjunktion, ☐ Quadratur, ♁ Opposition.

| Monatstag                      | April                           |       |       |       |       |       | Mai   |       |       |       |       |       |   |
|--------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
|                                | 5                               | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    | 5     | 10    | 15    | 20    | 25    | 30    |   |
| Heliocentrische Längen.        | 177°                            | 196   | 212   | 227   | 242   | 255   | 269   | 283   | 299   | 315   | 334   | 356   | ♀ |
|                                | 271                             | 278   | 286   | 294   | 302   | 310   | 318   | 326   | 334   | 342   | 350   | 358   | ♂ |
|                                | 195                             | 200   | 205   | 210   | 215   | 220   | 225   | 230   | 234   | 239   | 244   | 249   | ♂ |
|                                | 153                             | 155   | 157   | 159   | 161   | 163   | 166   | 168   | 170   | 172   | 174   | 177   | ♂ |
|                                | 214                             | 214   | 215   | 215   | 215   | 216   | 216   | 216   | 217   | 217   | 218   | 218   | ♂ |
|                                | 258                             | 259   | 259   | 259   | 259   | 259   | 259   | 259   | 260   | 260   | 260   | 260   | ♂ |
| Aufst. Knoten.                 | 273                             | 273   | 273   | 273   | 272   | 272   | 272   | 272   | 271   | 271   | 271   | 271   | ☾ |
| Mittl. Länge.                  | 312                             | 18    | 84    | 150   | 216   | 282   | 348   | 54    | 119   | 185   | 251   | 317   | ☾ |
| Geocentrische Rektascensionen. | 313                             | 19    | 88    | 148   | 207   | 281   | 349   | 55    | 121   | 178   | 245   | 320   | ☾ |
|                                | 23                              | 21    | 18    | 16    | 15    | 16    | 19    | 23    | 28    | 34    | 42    | 50    | ♀ |
|                                | 337                             | 342   | 348   | 353   | 359   | 4     | 10    | 15    | 21    | 27    | 32    | 38    | ♀ |
|                                | 14                              | 19    | 23    | 28    | 33    | 37    | 42    | 47    | 52    | 57    | 62    | 67    | ☉ |
|                                | 119                             | 121   | 123   | 125   | 127   | 129   | 132   | 134   | 136   | 139   | 141   | 144   | ♂ |
|                                | 216                             | 215   | 215   | 214   | 214   | 213   | 212   | 212   | 211   | 211   | 210   | 210   | ♂ |
|                                | 263                             | 263   | 263   | 263   | 263   | 263   | 262   | 262   | 262   | 261   | 261   | 261   | ♂ |
| Geocentrische Deklinationen.   | -14                             | +13   | +24   | +8    | -16   | -22   | +1    | +22   | +18   | -5    | -23   | -11   | ☾ |
|                                | +13                             | +12   | +9    | +7    | +5    | +4    | +5    | +6    | +8    | +11   | +14   | +17   | ♀ |
|                                | -10                             | -8    | -6    | -4    | -2    | +0    | +2    | +5    | +7    | +9    | +11   | +13   | ♀ |
|                                | +6                              | +8    | +10   | +12   | +13   | +15   | +16   | +18   | +19   | +20   | +21   | +22   | ♂ |
|                                | +23                             | +23   | +22   | +22   | +21   | +21   | +20   | +19   | +18   | +18   | +17   | +16   | ♂ |
|                                | -13                             | -13   | -12   | -12   | -12   | -12   | -12   | -11   | -11   | -11   | -11   | -11   | ♂ |
|                                | -22                             | -22   | -22   | -22   | -22   | -22   | -22   | -22   | -22   | -22   | -22   | -22   | ♂ |
| Aufgang.                       | 17 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> | 17.14 | 17.3  | 16.52 | 16.41 | 16.31 | 16.22 | 16.13 | 16.5  | 15.58 | 15.52 | 15.46 | ☉ |
|                                | 15 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> | 17.11 | 20.50 | 1.21  | 7.27  | 12.41 | 14.33 | 16.50 | 21.57 | 2.34  | 8.53  | 12.3  | ☾ |
| Untergang.                     | 6 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>  | 6.47  | 6.56  | 7.5   | 7.14  | 7.22  | 7.31  | 7.39  | 7.47  | 7.54  | 8.1   | 8.8   | ☉ |
|                                | 0 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>  | 7.39  | 12.57 | 14.52 | 16.23 | 21.5  | 2.36  | 9.2   | 12.21 | 13.42 | 16.23 | 23.3  | ☾ |
| Zeitglg.                       | +2m 46s                         | +1.22 | +0.4  | -1.5  | -2.4  | -2.52 | -3.25 | -3.44 | -3.49 | -3.40 | -3.18 | -2.43 | ☉ |

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

|  |                  |                       |                  |
|--|------------------|-----------------------|------------------|
| April 3 0 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> | Letztes Viertel  | Mai 1 10 <sup>h</sup> | Mond in Erdnähe  |
| 6 2                                    | Mond in Erdnähe  | 2 6 47 <sup>m</sup>   | Letztes Viertel  |
| 9 19 21                                | Neumond          | 9 6 39                | Neumond          |
| 17 11 43                               | Erstes Viertel   | 15 22                 | Mond in Erdferne |
| 18 3                                   | Mond in Erdferne | 17 6 13               | Erstes Viertel   |
| 25 8 22                                | Vollmond         | 24 18 49              | Vollmond         |
|  |                  | 27 20                 | Mond in Erdnähe  |
|  |                  | 31 11 55              | Letztes Viertel  |

**Aufgang der Planeten.** April 15 ♀ 16<sup>h</sup> 46<sup>m</sup> ♀ 16.8 ♂ 22.22 ♃ 7.49 ♄ 12.0  
Mai 16 15.31 15.11 21.44 5.24 10.1

**Untergang der Planeten.** April 15 6.30 3.8 14.52 17.43 19.58  
Mai 16 5.11 4.35 13.18 15.33 17.50

**Constellationen.** April 6 22<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾; 10 3<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾; 11 21<sup>h</sup> ♀ untere ♀ ☾; 17 21<sup>h</sup> ♂ ♂ ☾; 23 7<sup>h</sup> ♂ ☐ ☾; 25 8<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 25 12<sup>h</sup> ♃ ☐ ☾; 28 20<sup>h</sup> ♄ ♂ ☾; 29 20<sup>h</sup> ♀ im Aphelium.  
— Mai 6 18<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾; 7 11<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾; 16 8<sup>h</sup> ♂ ♂ ☾; 22 15<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 26 1<sup>h</sup> ♄ ♂ ☾; 27 3<sup>h</sup> Uranus ♂ ☾.

**Jupitermonde.** April 6 11<sup>h</sup> 11<sup>m</sup> I E; 13 8<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> II E; 13 13<sup>h</sup> 5<sup>m</sup> I E; 18 9<sup>h</sup> 42<sup>m</sup> III E; 20 11<sup>h</sup> 13<sup>m</sup> II E; 22 9<sup>h</sup> 27<sup>m</sup> I E; 25 13<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> III E, 15<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> III A. — Mai 8 9<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> I A; 15 10<sup>h</sup> 38<sup>m</sup> II A; 15 11<sup>h</sup> 44<sup>m</sup> I A; 22 13<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> II A; 22 13<sup>h</sup> 38<sup>m</sup> I A; 31 9<sup>h</sup> 33<sup>m</sup> III E, 10<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> III A; 31 10<sup>h</sup> 1<sup>m</sup> I A.

**Veränderliche Sterne.** Günstig gelegene Algols-Minima treten nicht ein. Im Mai beginnen die hellen Nächte die Beobachtung der Veränderlichen zu erschweren, obschon andererseits die größere Himmelsklarheit des Sommers der Genauigkeit der Schätzungen zu Hilfe kommt.

J. Pfaffmann, Münster.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.