

# Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIII. Jahrgang.

Drittes Heft.

Mai 1900.

## Die Erscheinungen der Voltainduktion in schulgemäßer Darstellung.

Von

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

### I.

Im Anschluss an meinen Aufsatz in dieser Zeitschrift (*XII 63*) über „die Erscheinungen der Magnetinduktion in schulgemäßer Darstellung“ stelle ich im folgenden eine Gruppe von Versuchen zusammen, die zur Erläuterung der Grunderscheinungen der Voltainduktion ausreichen dürften und auch geeignet sind, den Zusammenhang zwischen Magnet- und Voltainduktion klar zu legen. An manchen Stellen werde ich mich, um Wiederholungen zu vermeiden, auf die frühere Arbeit beziehen und setze deshalb insbesondere voraus, dass der Leser mit den Versuchsanordnungen der damals besprochenen Versuche bekannt sei.

Apparate. Zur Demonstration der Grunderscheinungen der Voltainduktion dient folgender Apparat; er ist verwendbar sowohl beim Hervorrufen der Induktionsströme durch Bewegung eines Drahtes im strommagnetischen Feld eines anderen, stromdurchflossenen, als auch zum Nachweis der Induktionsströme, welche in einem festliegenden Draht entstehen, der im strommagnetischen Feld eines zweiten solchen liegt, dessen Strom Schwankungen in der Stromstärke erfährt.

Vier Hartholzbalken (Fig. 1) von den Querschnittsdimensionen  $6/8$  cm sind zu einem Rechteck gefügt von den Dimensionen  $122/80$  cm (außen gemessen) und bilden so den Fuß des Apparates; von diesem Fuß ist in der Zeichnung nur die vordere Längsseite  $AB$  sichtbar. In der Mitte der kürzeren Balken dieses

Rechtecks stehen auf diesen zwei ebensolche  $AC$  und  $BD$  von  $80$  cm Länge normal zur Ebene des Rechtecks, welche einen Abstand der Innenflächen von  $110$  cm haben. Zwischen diesen zuletzt erwähnten Holzbalken, die durch in der Figur weggelassene Streben gehalten werden, sind zwei aus  $2\frac{1}{2}$  cm dicken Holzleisten gefertigte,  $105$  cm lange Rahmen  $EF$  und  $GH$  mit abgerundeten Ecken befestigt. Der obere derselben ist  $35$  cm breit und durch eine scharnierartige Aufhängevorrichtung (Fig. 1a) um seine

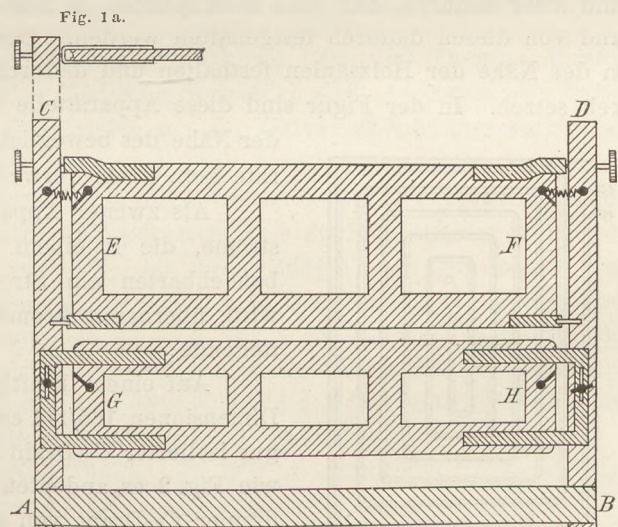


Fig. 1 u. 1a.

obere Kante als Drehachse pendelartig beweglich. Der untere, nur 25 cm breite, ist mit Hülfe von zwei aus starkem Messingblech gefertigten Bügeln an den aufrechten Holzsäulen durch Flügelmuttern befestigt, so daß er in der Richtung dieser Säulen um einige Centimeter verschoben und dadurch beliebig der Unterseite des oberen Rahmens genähert werden kann. Diese Bügel sind so geformt, daß die beiden Rahmen, wenn der obere, bewegliche in der Symmetrieebene des ganzen Gestells hängt, in derselben Ebene liegen. Auf der Schmalseite der Rahmen liegen in breiten, entsprechend tiefen Rinnen die Drähte, und zwar auf dem unteren, dessen Draht den induzierenden Strom leitet, drei Windungen eines 3 mm dicken, gut isolierten *Cu*-Drahtes, auf dem oberen Rahmen 30 Windungen eines ebenfalls gut umwickelten *Cu*-Drahtes, der blank  $\frac{1}{2}$  mm dick ist. An den in der Figur sichtbaren Klemmen sind die Drahtenden befestigt. Zu diesen Klemmen des unteren Rahmens wird der induzierende Batteriestrom geführt; neben diesen des oberen Rahmens stehen auf den vertikalen Holzsäulen zwei weitere Klemmen, von welchen die zum Galvanoskop führenden Leitungsdrähte ausgehen; jede dieser Klemmen steht mit der benachbarten Klemme des Rahmens in Verbindung durch einen umwickelten Spiraldraht, der die Pendelbewegung dieses Rahmens nicht hindert. Nahe dem unteren Rande des oberen Rahmens sind an diesem links und rechts in der Zeichnung sichtbare  $2\frac{1}{2}$  cm breite Metallplatten festgeschraubt, die nach außen gegen die aufrechtstehenden Holzsäulen hin etwas vorstehen. In der Höhe dieser Metallplatten sind an den eben genannten Holzsäulen federnde, horizontal drehbare Hebel aus Messing angebracht, durch welche der obere Rahmen, wenn man ihn aus der Symmetrieebene des ganzen Apparates nach der einen oder anderen Seite herausnimmt und aus einer gewissen Höhe fallen läßt, in dem Momente festgehalten wird, in welchem er die Symmetrieebene erreicht, und zwar dadurch, daß jene Metallplatten in Nuten der federnden Hebel eingreifen und von diesen dadurch festgehalten werden. Durch Haken kann man diese Hebel in der Nähe der Holzsäulen festhalten und dadurch beliebig lange außer Wirksamkeit setzen. In der Figur sind diese Apparateile nur schematisch angedeutet. — In

der Nähe des beweglichen, oberen Rahmens ist am Apparat kein Eisen verwendet.

Als zweiter Apparat zum Nachweis der Induktionsströme, die in einem Draht entstehen, wenn in einem benachbarten ein Strom geschlossen oder unterbrochen wird, überhaupt Stromschwankungen auftreten, dient der folgende:

Auf einem kräftigen, rechteckigen Brett von den Dimensionen 165/114 cm wird ein (blank) 2—3 mm dicker, gut isolierter *Cu*-Draht von etwa 20 m Länge ausgepannt, wie Fig. 2 es andeutet. Diesem möglichst nahe liegt ein dünner *Cu*-Draht von gleicher Länge. Die Drahtenden sind in Contact mit galvanischen Klemmen; mit Hülfe dieser wird der Batteriestrom zum dicken Draht, bzw.

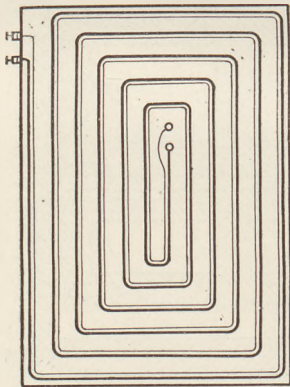


Fig. 2.

der Induktionsstrom von den Enden des dünnen zum Galvanoskop geführt. Neben den beiden Klemmen, die in der Mitte des Brettes sitzen, sind große Löcher durch das letztere gebohrt, damit man die mit diesen Klemmen zu verbindenden Drähte, wenn ihre Zuführung von vorn stören sollte, auch hinter das Brett legen kann. Der Apparat läßt sich auch verwenden zum Nachweis der Induktionserscheinungen beim Entladen einer Leydener Flasche.

Vorbereitende Versuche. Aus Gründen, die im folgenden ihre Erklärung finden, schiebe ich den Erscheinungen der Voltainduktion einen Versuch voran, der wieder an die Fundamentalversuche der Magnetinduktion erinnert und zugleich ein vorbereitender Versuch für die neue Versuchsgruppe ist. Dieser Versuch zeigt den Induktionsstrom, der durch Schneiden der erdmagnetischen Kraftlinien mit einem ausgespannten, einfachen Drahte entsteht. Die am Experimentiertisch befindlichen, den Schülern sichtbaren Klemmen, welche mit dem Spiegelgalvanoskop verbunden sind („Galvanoskopklemmen“), werden wie für den Fundamentalversuch der Magnetinduktion (*XII 65*) durch einen Draht verbunden, der aber für unseren jetzigen Zweck mindestens 12 m lang ist. An zwei Punkten etwa des Fussbodens, die in west-östlicher Richtung so weit auseinander liegen, als die Größe des Zimmers es möglich macht, wird der Draht leicht befestigt, so daß zwischen diesen beiden Punkten ein Stück des Drahtes liegt, das etwa 4 m länger ist als die Entfernung jener Punkte beträgt. Zwei Schüler, welche bei jenen Befestigungspunkten des Drahtes stehen, bewegen nun den zwischen denselben liegenden Draht rasch nach oben. Der Ausschlag der Lichtmarke des Reflexgalvanoskops zeigt die ost-westliche Richtung des Induktionsstroms (vergl. *XII 65*). Bei der Abwärtsbewegung des Drahts erfolgt der Ausschlag nach der entgegengesetzten Seite. Die weiteren Versuche zeigen, daß ein mindestens ebenso starker Induktionsstrom entsteht, wenn der Draht so bewegt wird, daß er bei der Bewegung eine zur Inklinationsnadel normale Ebene beschreibt (die höhere Stromstärke des Induktionsstroms im letzteren Fall, gleiche Geschwindigkeit der Drahtbewegung vorausgesetzt, ist bei dieser einfachen Versuchsanordnung kaum sicher nachweisbar), daß aber ein Induktionsstrom nicht entsteht, wenn der Draht bei seiner Bewegung irgend eine Ebene beschreibt, die die Richtung der Inklinationsnadel enthält, weil in diesem Falle die erdmagnetischen Kraftlinien nicht geschnitten werden.

Stellt man den in Fig. 1 dargestellten Apparat so, daß die längeren Kanten des oberen Rahmens in ost-westlicher Richtung horizontal sind, so lassen sich durch Bewegung desselben, wenn seine Drahtenden mit der Galvanoskopleitung verbunden sind, auch die durch Schneiden der erdmagnetischen Kraftlinien entstehenden Induktionsströme leicht nachweisen. Man hat dabei, wie auch bei den vorhergehenden Versuchen, nur zu beachten und darauf hinzuweisen, daß die Richtung der erdmagnetischen Kraftlinien eines Ortes durch die von ihrem Südpol zum Nordpol zu verfolgende Richtung der Inklinationsnadel dieses Ortes in ihrer Ruhelage gegeben wird. Ferner ist bei diesen Versuchen mit dem Apparat Fig. 1 zu beachten, daß die Bewegung des Rahmens, durch welche die Drahtlagen seiner Unterseite die erdmagnetischen Kraftlinien schneiden, in achtfacher Weise erfolgen kann, indem der Rahmen in jedem der in Fig. 3 dargestellten Quadranten in der einen oder andern Richtung bewegt werden kann. In Fig. 3 deutet der Pfeil die Richtung der Nordhälfte der Inklinationsnadel an, und *OA* die Lage des beweglichen Rahmens (mit der Drehachse *O*) in seiner vertikalen Stellung, in der er die Lage der Symmetrieebene des Apparates hat. Macht der Rahmen *OA* eine vollständige Umdrehung in einer bestimmten Drehungsrichtung, so wechselt der Induktionsstrom die Richtung, wenn der Rahmen durch die Lage der Geraden *RS* geht, in welchem Augenblick der Induktionsstrom 0 ist, während dieser das Maximum der Stärke hat — gleichförmige Drehungsgeschwindigkeit vorausgesetzt —, wenn der Rahmen durch die Lage der mit Pfeil versehenen Geraden geht. — Der untere

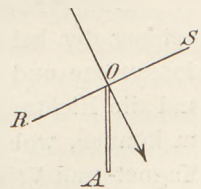


Fig. 3.

Rahmen tritt bei diesen Versuchen nicht in Verwendung und wird deshalb zweckmäßigerweise entfernt.

Fundamentalversuche der Voltainduktion. Um nun mit dem in Fig. 1 dargestellten Apparate die Fundamentalversuche der Voltainduktion vorzunehmen, wird der untere Rahmen eingesetzt, dem oberen möglichst genähert und, um die Störung der durch Voltainduktion hervorgerufenen Ströme durch diejenigen Ströme zu verhindern, die in obigen vorbereitenden Versuchen nachgewiesen wurden, dem ganzen Apparate mit Hilfe eines rechtwinkligen,  $\Delta$ -förmigen Stativs, bei welchem die Schenkel des rechten Winkels 56 bzw. 120 cm lang sind, eine solche Stellung gegeben, daß die längeren Kanten der Rahmen die Richtung der Inklinationsnadel haben. Dabei berührt der eine der kürzeren von den vier Holzbalken, die den rechteckigen Fuß des Apparates bilden, längs einer Unterkante den Fußboden; das erwähnte Stativ gestattet durch eine einfache Vorrichtung, den Apparat in dieser Stellung festzuhalten. Bewegt man jetzt den oberen Rahmen, so treten, so lange der Draht des unteren Rahmens stromlos ist, keine Induktionsströme auf; denn die untere Längsseite des bewegten Rahmens schneidet bei der bezeichneten Stellung des Apparates keine erdmagnetischen Kraftlinien, da sie diesen parallel ist, und die Induktionsströme, die in den Drahtlagen der kürzeren Rechteckseiten dieses Rahmens entstehen, heben sich als entgegengesetzt gleiche Ströme auf.

Läßt man nun durch den Draht des unteren Rahmens einen Batteriestrom kreisen, so entsteht im Draht des beweglichen Rahmens beim Entfernen desselben aus der symmetrischen Stellung nach der einen oder nach der anderen Seite ein Induktionsstrom von gleicher Richtung wie der Batteriestrom; bei der Bewegung des Rahmens in die symmetrische Stellung zurück, von der einen oder der anderen Seite her, entsteht in seinem Draht ein Induktionsstrom entgegengesetzter Richtung. Diese Schlüsse ergeben sich bei den Versuchen aus dem Verlauf der Drahtwindungen der Rahmen und der Beobachtung der Ausschläge der Lichtmarke des Galvanoskops. — Wird der obere Rahmen in der symmetrischen Stellung festgehalten und der Strom des unteren geschlossen, so hat der induzierte Strom des oberen Rahmens gleiche Richtung wie bei der Bewegung des letzteren in die symmetrische Lage, während der Induktionsstrom, der beim Unterbrechen des Batteriestroms entsteht, in der Richtung übereinstimmt mit dem bei der Bewegung des Rahmens aus der Symmetrielage entstehenden. — Diese zweite Gruppe von Fundamentalversuchen kann auch mit dem in Fig. 2 angedeuteten Apparate angestellt werden; nähere Erläuterungen hierzu sind nicht erforderlich.

## II.

Das strommagnetische Feld. Um den Zusammenhang zwischen der Entstehung der bei den bisherigen Versuchen über Voltainduktion beobachteten Induktionsströme und den Kraftlinien des betreffenden strommagnetischen Feldes erläutern und die Richtung jener Induktionsströme aus dem Verlaufe dieser Kraftlinien ableiten zu können, wobei sich auch Gelegenheit bieten wird, den Zusammenhang zwischen Magnet- und Voltainduktion festzulegen, werden die Kraftlinien des strommagnetischen Feldes verschiedener Strombahnen, zunächst eines geradlinigen Stroms, erzeugt. Der vertikale Leitungsdraht des letzteren durchdringt ein in horizontaler Lage gehaltenes Stück Pappe, auf welchem das aufgestreute Eisenpulver sich in den concentrischen Kreisen der Kraftlinien jenes Stroms ordnet, sobald er geschlossen wird. Eine kleine Magnetnadel, die neben dem Draht drehbar aufgestellt wird, zeigt die Richtung jener

Kraftlinien, die rechtsdrehend ist für eine Person, die auf der Ebene der Kraftlinien steht und für die der Strom die Richtung vom Kopf zu den Füßen hat.

In nebenstehender Fig. 4 bedeutet der schwarze Punkt in der Mitte des Kreises den induzierenden Draht, der normal zur Zeichenebene steht und dessen Strom von oben gegen die Zeichenebene gerichtet sei; der Kreis mit dem Pfeil deutet eine Kraftlinie dieses Stromfeldes an. Drei nebeneinander liegende Drähte, die in derselben Richtung von einem Strom durchflossen werden (ein Fall, der beim unteren Rahmen des Apparates der Fig. 1 vorliegt), sind mit einer Kraftlinie ihres Feldes in Fig. 5 angedeutet. — Bewegt sich ein diesen induzierenden Drähten (Fig. 4 oder 5) paralleler (geschlossener) Draht  $a$  von links gegen das strommagnetische Feld, so muß nach der früher erwähnten Regel, welche die Richtung des Induktionsstroms aus dem Verlaufe der Kraftlinien giebt, im Drahte  $a$  ein nach oben gerichteter, also dem induzierenden Strom entgegengesetzter Induktionsstrom entstehen; dieser Schluss zeigt sich in Übereinstimmung mit der Beobachtung; diese Übereinstimmung besteht auch bei den folgenden Schlüssen. Beim Heraustreten des

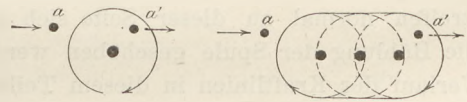


Fig. 4.

Fig. 5.

Drahts  $a$  aus dem Felde (bei  $a'$ ) muß der entstehende Induktionsstrom nach jener Regel dem vorigen entgegengesetzt, dem induzierenden also gleichgerichtet sein. Die mit Hülfe jener Regel sich ergebenden Richtungen der Induktionsströme, die bei der Linksbewegung des Drahtes  $a$  entstehen, bestätigen ebenfalls die Anwendbarkeit der oben erwähnten Regel zur Vorherbestimmung der Richtung eines Induktionsstroms: Beim Eintreten in das strommagnetische Feld ist der in dem bewegten Drahte auftretende Induktionsstrom dem induzierenden entgegengesetzt, beim Heraustreten aus dem Felde demselben gleichgerichtet. — In derselben Weise leitet man die Richtung der Induktionsströme, die ohne Bewegung des oberen Rahmens beim Schließen oder Öffnen des induzierenden Stroms entstehen, aus dem Verlaufe der Kraftlinien ab, die beim Schließen des Stroms in concentrischen Ringen um die Strombahn sich ausbreiten, beim Unterbrechen desselben wieder in den Leitungsdraht zurückgehen. Bei der Anwendung der Regel zur Festsetzung der Richtung der Induktionsströme mit Hülfe des Verlaufs der Kraftlinien ist hierbei nur zu beachten, durch welche Bewegung des induzierten Drahtes das Schneiden der Kraftlinien durch den Draht in derselben Weise erfolgen würde, wie es bei der Ausbreitung oder beim Einschrumpfen der Kraftlinien um den festliegenden Draht geschieht; jene Bewegung des induzierten Drahtes ist die für die Anwendung der erwähnten Regel maßgebende. — Die Induktionsströme, welche in den verschiedenen Drahtlagen unseres beweglichen Rahmens bei den obigen Versuchen entstehen, addieren sich.

Die Thatsache, daß die Richtung der bei unseren Versuchen beobachteten Induktionsströme auf Grund der früher im Gebiete der Magnetinduktion aufgestellten Regel mit Hilfe des Verlaufs der Kraftlinien sich im voraus bestimmen läßt, beweist die Anwendbarkeit jener Regel im Gebiete der Voltainduktion und läßt erkennen, daß in Bezug auf diesen Punkt Kraftlinien strommagnetischer Felder gleichbedeutend sind mit denen von Magnetfeldern; dabei ist vorausgesetzt, daß als „Richtung“ einer Kraftlinie immer die vom Süd- zum Nordpol zu verfolgende Richtung einer kleinen Magnetnadel definiert wird, welche im Feld drehbar so aufgestellt ist, daß jene Kraftlinie durch ihren Drehpunkt geht.

Um sich zu überzeugen, daß Magnetfeld und strommagnetisches Feld im wesentlichen identisch sind, daß es möglich ist, ein Magnetfeld mit seinen Kraftlinien ledig-

lich mit einem stromdurchflossenen Draht von bestimmter Lage oder Windungsart, ohne Anwendung von Eisen, zu erzeugen, demonstriert man die Kraftlinien des strommagnetischen Feldes einer Spule ohne Eisenkern in zwei Stellungen der Spule und macht auf die Uebereinstimmung dieses Kraftlinienbildes mit dem von einem Magneten in entsprechenden Stellungen erhaltenen aufmerksam. Es dienen hierzu die beiden Spulen des in Fig. 1 der früheren Arbeit (*XII 63*) dargestellten Apparates. Erst zeigt man diejenigen Kraftlinien des Feldes der beiden aufrecht nebeneinander stehenden Spulen, die man erhält, indem auf die obere Fläche der Spulen eine ebene Glas- oder Papptafel horizontal gelegt und mit Eisenpulver bestreut wird. Es ist dann, um falschen Auffassungen der Schüler zu begegnen, nicht überflüssig, die Kraftlinien auch einer anderen Ebene des Feldes sichtbar zu machen, indem man die eine Spule horizontal legt und die Kraftlinien auf einem Stück Pappe erzeugt, welches horizontal so an das eine Spulenende gelegt wird, daß die Achse der Spule in seiner Ebene liegt. Die Form des Pappdeckelstückes wählt man so, daß an ein etwa quadratisches Flächenstück desselben in der Mitte einer Seite ein langer Pappstreifen normal zu dieser Seite sich anschließt, der so breit ist, daß er gerade in die Höhlung der Spule geschoben werden kann. Die Existenz und der parallele Verlauf der Kraftlinien in diesem Teile des Feldes ist eine dem Schüler neue und unerwartete Erscheinung. Auch zeigt sich bei dem jetzigen Versuche die büschelartige Ausbreitung der Kraftlinien an dem Spulenende schöner als bei dem vorigen. — Bei beiden Versuchen wird man auch die „Richtung“ der Kraftlinien durch Aufsetzen einer kleinen Magnetnadel zeigen. — Vorstehende Versuche dürften auch ausreichen zur Illustration der Erläuterungen, welche den zwischen Magnet- und Volta-induktion bestehenden Zusammenhang hervorheben. Nähere Ausführungen hierüber an dieser Stelle sind überflüssig.

### III.

Energieverwandlungen. Über die Quelle der Energie, durch welche ein Induktionsstrom in einem festliegenden geschlossenen Draht erregt wird, wenn der Strom eines benachbarten Drahts geschlossen oder geöffnet wird, allgemein, wenn die Stromstärke dieses Stroms schwankt, sollen hier nur einige Andeutungen gemacht werden. Durch das Schließen des induzierenden Stroms im Drahte I bildet sich ein rasch an Stärke zunehmendes strommagnetisches Feld, dessen Verstärkung durch den im benachbarten Draht II entstehenden Induktionsstrom entgegengesetzter Richtung verzögert wird, indem sich über das Feld des Stroms I ein entgegengesetztes Feld mit umgekehrt verlaufenden Kraftlinien legt. Beim Unterbrechen des Stroms I verschwindet das strommagnetische Feld dieses Stroms und der gleichgerichtete Induktionsstrom in II erzeugt ein solches gleicher Art, verzögert also auch das Verschwinden des ersten. In beiden Fällen dauert der Induktionsstrom so lange, bis die Stromstärke des induzierenden Stroms einen constant bleibenden Betrag erreicht hat. Wir haben es hier demnach nicht mit einer wirklichen Energieverwandlung zu thun, sondern mit einem Beispiel besonderer Art von dem Prinzip der Erhaltung der Energie.

Dagegen findet beim Hervorrufen eines Induktionsstroms durch Bewegung eines Leiters im strommagnetischen Feld eines anderen eine Verwandlung von mechanischer in galvanische Energie statt; der Lenzsche Satz besteht hier wie im Gebiete der Magnetinduktion. Der Schluss, daß bei der erwähnten Bewegung mechanische Arbeit aufgewendet werden muß, ergibt sich sowohl aus den Grunderscheinungen der Elek-

trodynamik, wenn man die Richtungen der bei jenen Bewegungen entstehenden Induktionsströme beachtet, als auch aus unserem experimentellen Ergebnis, daß Magnetfelder und strommagnetische Felder in ihrem Wesen übereinstimmen. Die Richtigkeit dieses Schlusses kann experimentell mit zwei Spulen ohne Eisenkerne bei folgender Versuchsanordnung nachgewiesen werden:

Eine auf einer Röhre *R* aus nicht magnetischem Material aufgewickelte Spule (Spule I, Fig. 6), die zur Erzeugung eines festliegenden, strommagnetischen Feldes dient, wird durch geeignete Befestigung des einerseits aus der Spule herausragenden Teiles der Röhre so aufgestellt, daß die Spulenachse horizontal steht und die Spule, abgesehen von der zu ihrer Befestigung dienenden Röhre *R*, frei über dem Tische steht. Mit Rücksicht hierauf sind auch die Zuleitungsdrähte der Spule an der Rohrwandung entlang geführt, so daß der Raum innerhalb und außerhalb der Spule frei bleibt. Eine zweite Spule (Spule II) von solcher Größe, daß ihr Innendurchmesser etwas größer ist als der äußere Durchmesser von I, oder eine solche, die in die

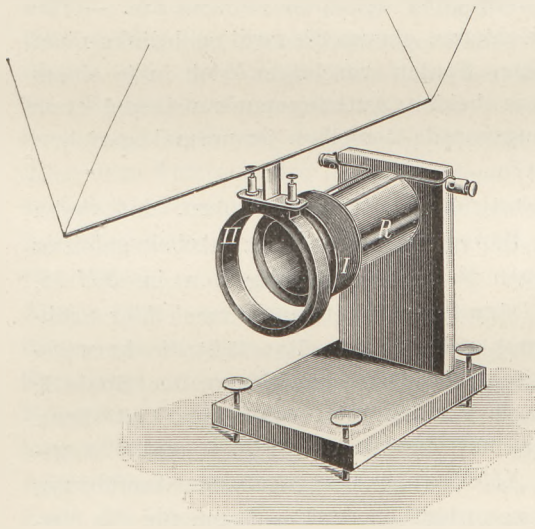


Fig. 6.

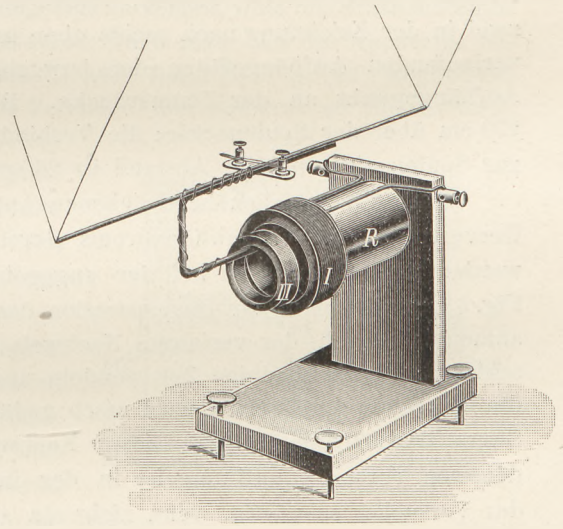


Fig. 7.

Höhlung von I mit Spielraum eingeführt werden kann, wird in der aus der Fig. 6 bzw. 7 ersichtlichen Weise aufgehängt, so daß Drehungen der beweglichen Spule um ihre Vertikalachse möglichst vermieden werden, ferner so, daß die Achse der Spule I mit der von II und in horizontaler Richtung die in unsrer Zeichnung linke Endfläche von I annähernd mit der rechten von II zusammenfällt<sup>1)</sup>. Wird als Spule II eine solche gewählt, die größer ist als I (Fig. 6), so wird der an den Enden mit Ösen versehene, 50 cm lange horizontale Draht, in dessen Ösen die Aufhängefäden befestigt sind, mit Hilfe eines vertikalen Verbindungsstückes auf dem Messingblech festgelötet, welches auf dem Spulenrahmen befestigt ist. Dieses Messingblech trägt die beiden von einander isolierten Klemmen, mit denen die Enden des Spulendrahts in Contact sind und die zum Zuführen eines Batteriestroms oder Fortleiten eines Induktionsstroms dienen. Dieselben sitzen seitlich von dem eben erwähnten Verbindungsstück, einem aus starkem Blech ausgeschnittenen Rechteck, das in der Richtung der Spulenachse normal zu dem horizontalen Messingblech steht und so hoch gemacht wird,

<sup>1)</sup> In den Fig. 6 u. 7 sind die beiden Spulen der Deutlichkeit der Zeichnung wegen in horizontaler Richtung absichtlich weiter auseinander gezeichnet.

dafs der 50 cm lange, horizontale Draht bei beiden Formen der beweglichen Spule II gleichen Abstand von der Spulennachse der festliegenden Spule I hat. Dadurch ist erreicht, dafs, im Falle die unten angegebenen Versuche mit beiden beweglichen Spulen nacheinander angestellt werden sollen, die Länge der Aufhängefäden derselben nicht geändert werden muß, vielmehr kleine Unterschiede in der Höhe der Spulennachsen der Spulen I und II, die beim Auswechseln der einen Spule II gegen die andere eintreten, mit Hilfe der Stellschrauben am Fußbrett der Spule I ausgeglichen werden können. — Für eine Spule II, die kleiner ist als I (Fig. 7), ist die Aufhängevorrichtung ähnlich, nur steht hier der lange, von den Aufhängefäden getragene Draht mit dem Spulennähmchen durch einen Drahtbügel in Verbindung, dem entlang die Enden des Spulendrahtes bis zu den Klemmen gelegt sind, die ähnlich wie in Fig. 6 auf einem horizontalen Messingblech sitzen; letzteres ist aber bei dieser Spule auf dem oberen, horizontalen Teile jenes Drahtbügels befestigt. — Bei beiden Formen der Spule II bilden die zur Zuleitung oder Ableitung von Strömen dienenden Drähte an den Enden lockere Spiralen, welche die Bewegung der Spule nicht stören. — Die zwei in der Zeichnung nach rechts oben gerichteten, ebenso die zwei nach links oben verlaufenden Aufhängefäden der beweglichen Spulen vereinigen sich in je einem Aufhängepunkt an der Zimmerdecke. Diese beiden Aufhängepunkte liegen etwa 270 cm über der Spulennachse; die Verbindungsgerade derselben ist normal gerichtet zur Spulennachse und ihr Abstand ist 260 cm<sup>2)</sup>.

Um mit dem eben beschriebenen Apparat den Nachweis zu liefern, dafs beim Hervorrufen eines Induktionsstroms durch Bewegung eines Leiters Arbeit geleistet werden muß, kann man bei der angegebenen Versuchsanordnung den in *XII 72*, Fig. 6 angedeuteten, zur Demonstration der Dämpfung dienenden Versuch hier nachahmen, wodurch der verlangte Nachweis auch geliefert ist. Man läßt die kurz geschlossene Spule II einige Zeit pendeln und schließt dann den Strom der Spule I; die Bewegung der Spule II wird rasch gedämpft, wenn Spule I von einem kräftigen Strom durchflossen ist. — Dieser Nachweis mit der in den Fig. 6 und 7 angedeuteten Versuchsanordnung ist in der in *XII 69* (oben) angegebenen Ausführung des Versuches schwierig, wenn nicht ein ausserordentlich starker Strom für die feststehende Spule I und eine aus vielen Windungen bestehende Spule II zur Verfügung steht. Die für die meisten Schulen bestehende Schwierigkeit der Beschaffung eines genügend starken Stroms gab auch Veranlassung, für den eben angegebenen Versuch und die folgenden zur Erläuterung des Prinzips der auf Voltainduktion beruhenden elektrischen Motoren die in *XII 68*, Fig. 4 skizzierte Versuchsanordnung wegen des Reibungswiderstandes, welche bei derselben die bewegliche Spule zu überwinden hat, aufzugeben und durch die in den Fig. 6 und 7 angedeutete zu ersetzen, obgleich bei der letzteren die Schwerkraft der beweglichen Spule manchmal störend wirkt und aus diesem Grunde z. B. der in *XII 70* (letzter Satz des obersten Absatzes) angegebene Versuch hier nicht nachgeahmt werden kann.

Das Prinzip der elektrischen Motoren, die auf Voltainduktion beruhen, wird

<sup>2)</sup> Ich lasse hier noch die wesentlichen Dimensionen der verwendeten Spulen folgen. Spule I hat 7 cm lichte Weite und einen äußeren Durchmesser von 9,3 cm, ihre Länge ist 4 cm; ihre etwa 50 Windungen bilden vier übereinanderliegende Drahtlagen, der gut isolierte Draht ist blank 1,4 mm dick; der aus der Spule herausragende Teil des Rohres, auf das die Drahtlagen dieser Spule aufgewunden sind, ist 11 cm lang. — Die Spulen II sind 2 cm lang, die größere derselben wird aus etwa 210, die kleinere aus circa 160 Windungen eines (blank) 0,7 mm dicken Drahts gebildet. Der Innendurchmesser der weiteren ist 9,8, der äußere Durchmesser der kleineren 6,5 cm.



unter Beibehaltung des *XII 69*, Fig. 5 dargestellten Schemas für die Anordnung der Apparate und die Drahtverbindungen mit den in obigen Fig. 6 und 7 veranschaulichten Apparaten erläutert, welche an Stelle der in *XII 68*, Fig. 4 gezeichneten treten. Insbesondere ist der in dieser Fig. 4 gezeichnete Elektromagnet (Feldmagnet) hier für die Versuche der Voltainduktion ersetzt durch die Spule I. Die hier vorzuführenden Versuche entsprechen den in *XII 69* angegebenen und werden deshalb hier nur angedeutet: Während Spule I von einem Batteriestrom durchflossen ist, wird II nach rechts, gegen I hin, bewegt; der Induktionsstrom in II habe solche Richtung, daß der Ausschlag der Lichtmarke nach rechts erfolgt; ein Batteriestrom, der in die Spule II in gleicher Richtung (Ausschlag rechts!) geschickt wird, bewegt die Spule nach links, ein entgegengesetzter Batteriestrom nach rechts.

Die in d. Ztschr. *XII 70* angegebenen Versuche mit Modellen von elektrischen Motoren hier nachzuahmen ist weniger wesentlich, da die Wirkungsweise der elektrischen Maschinen der Technik (Generatoren und Receptoren) auf Magnetinduktion beruht. Um aber durch einige Versuche wenigstens zu zeigen, daß die Erscheinungen ganz analog den früher hervorgerufenen verlaufen, kann man sich des Apparates bedienen, der in Müller-Pfaunders Lehrbuch (9. Aufl. Band III Fig. 712) abgebildet ist. Es ist jedoch zweckmäfsig, für unsere Versuche den Apparat so abzuändern, dass der Rahmen der äufseren Spule etwa 10 cm über dem Fußbrett des Apparates liegt (Fig. 8), so daß die Stromzuleitung zum Draht des inneren Rähmchens besser übersehen werden kann. Die Rotationsachse dieses Rähmchens ist eine mit diesem fest verbundene Messingröhre, die an ihrem unteren Ende einen konisch abgedrehten Stift trägt; der letztere ruht in der conischen Vertiefung einer Stahlplatte, die auf dem mittleren Teil des Commutator-Holznapfes liegt, und trägt dadurch das innere Rähmchen. Am oberen Ende der Messingröhre sitzt eine Metallplatte, die in der Mitte eine conische Vertiefung hat, in diese ragt das conische Ende einer Schraube, welche in der Mitte des äufseren Rähmchens sitzt; dadurch erhält die Rotationsachse eine sichere Führung. Die Drahtenden des inneren Rähmchens, bzw. die Zuführungsdrähte zu diesem, liegen an der Stelle, wo die Rotationsachse desselben durch eine Öffnung im unteren Teil des äufseren Rähmchens ragt, innerhalb der Rotationsachse, wie die Zeichnung andeutet. Letztere ist eine schematische Durchschnittszeichnung, und die Weite der als Rotationsachse dienenden Messingröhre ist der Deutlichkeit wegen in doppelter Gröfse gezeichnet. Auf der Rotationsachse sitzt unterhalb der Rahmen ein aus zwei Messinghalbringen bestehender Commutator; die Schleiffedern sind in der Figur weggelassen. Jedes Drahtende der inneren Spule steht mit einem dieser Halbringe in Verbindung. Auf dem Grundbrett des Apparates ist außerdem ein aus zwei Quecksilberhalbrinnen bestehender Commutator, zu dem die beiden von den Messinghalbringen des vorigen weiter geführten Drahtenden hinabreichen. Man kann den einen oder anderen Commutator in Wirksamkeit treten lassen, wählt man in Betracht des geringeren Reibungswiderstandes den mit Quecksilber-Contact, so nimmt man die Schleiffedern des oberen ab. Der hohle Raum der äusseren Spule ist bei dem verwendeten Apparat 25 cm lang und 10 cm hoch, die Breite der Spule ist 5 cm; die innere Spule mit leichtem Holzrähmchen wurde diesen Mafsen

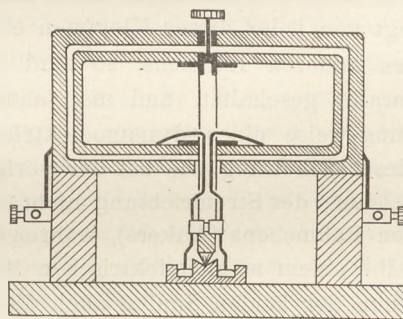


Fig. 8.

entsprechend möglichst groß gemacht. — Der äußere Rahmen hat vier Lagen des Drahtes, der für die oben beschriebene Spule I verwendet wurde, auf dem inneren Rahmen liegen ebenfalls vier Lagen des Drahts, der zur Herstellung der Spulen II diente. Die Klemmen, mit denen die Drahtenden der äußeren Spule in Contact sind, zeigt die Figur, die beiden anderen, von denen jede mit je einer Hälfte der Commutatoren in Verbindung ist, stehen neben dem Quecksilbercommutator, vor bzw. hinter demselben, auf dem Fußbrett des Apparates.

Dieses Maschinchen entspricht in der Wirkungsweise, wenn in der äußeren Spule ein Batteriestrom kreist, und der innere Rahmen mit der Hand umgedreht wird, einer magnetelektrischen Gleichstrommaschine (einer Wechselstrommaschine dann, wenn die Commutatoren aus je zwei vollständigen, von einander isolierten Messing- bzw. Quecksilberringen bestehen). Wenn auch dem inneren Rahmen ein Batteriestrom zugeführt wird, entspricht obiger Apparat einem magnetelektrischen Motor; es lassen sich mit demselben die in *XII 70* bzw. *347* angegebenen Versuche wiederholen. Schaltet man die beiden Spulen hintereinander in denselben Stromkreis ein, so entspricht der Apparat in Bezug auf den Stromlauf und die Drehungsrichtung des Ankers einem dynamoelektrischen Motor mit Serienschaltung. Verbindet man die Leitungsdrähte der Batterie mit den Klemmen des äußeren Rahmens (oder mit den beiden in der Figur nicht sichtbaren Klemmen des beweglichen Rahmens) und legt von jeder dieser Klemmen einen Verbindungsdraht zu je einer der Klemmen des anderen Rahmens, so sind die beiden Rahmen, der feste und der bewegliche, parallel geschaltet, und man ahmt durch diese Verbindung die Schaltung und Wirkungsweise eines dynamoelektrischen Motors mit Nebenschlusschaltung nach. Bei dieser Schaltung wie bei der vorigen (beide Rahmen hintereinander) bewirkt die Umkehrung der Stromrichtung nicht eine Umkehrung der Drehungsrichtung des rotierenden Rähmchens (Ankers), während bei der Schaltung des Apparates, bei welcher derselbe einem magnetelektrischen Motor entspricht, die Umkehrung des Stroms in der einen der beiden Spulen auch die Umkehrung der Drehungsrichtung der beweglichen Spule zur Folge hat. Es zeigt sich also auch in diesem Punkte vollständige Übereinstimmung mit den entsprechenden Erscheinungen der Magnetinduktion. — Als Dynamomaschine (Generator) kann der Apparat (indem man die zur Batterie führenden Drähte, statt sie mit dieser zu verbinden, miteinander verbindet), natürlich nicht wirken, weil kein strommagnetisches Feld, das dem remanenten Magnetfeld entspräche, vorhanden, also eine dem Dynamoprinzip entsprechende Wirkungsweise dieses Apparates nicht möglich ist<sup>3)</sup>.

## Zur Nachahmung der Planetenbewegungen durch Magnete und durch Kreiskegelschwingungen.

Von

Prof. Dr. Alois Höfler in Wien.

I.

Die schönen Versuche von SALCHER (diese Zeitschr. *V 129*, *VI 109*) sind gewiß von vielen Lehrern als Rettung aus der Gefahr begrüßt worden, in den Kapiteln Centralbewegung, Planetenbewegung, Gravitationsgesetz u. s. f. für mehrere Wochen ganz

<sup>3)</sup> Alle im vorstehenden beschriebenen Apparate wurden nach meinen Angaben in der Werkstätte der Realschule zu Karlsruhe hergestellt.

von aller experimentellen Behandlung abgetrennt und auf bloße „Kreide- und Schwamm-Physik“ angewiesen zu bleiben<sup>1)</sup>.

Als ich SALCHER'S Versuche nach seiner Angabe mit Eisenkugeln, die auf einer Glasplatte an dem Pol eines Elektromagnets vorbeizurollen haben, wiederholte, zeigten sich aber doch einige Unbequemlichkeiten: namentlich die, daß es nicht ganz leicht ist, eine völlig ebene Platte zu bekommen und sie ganz wagrecht zu stellen, und daß etwaige kleine Abweichungen von der Kugelform einen raschen Energieverlust bewirken, der sich beim ungleichmäßigen Rollen sozusagen deutlich hörbar macht. (Die sorgfältig gerundeten Stahlkugeln für Kugellager dürften wieder den Nachteil haben, daß sie schwerer eine ausgiebige magnetische Influenz annehmen, als Kugeln aus weichem Eisen.) Beiden Unbequemlichkeiten ist abgeholfen, indem man die Eisenkugel als konisches Pendel um den Pol kreisen läßt. (Eine solche Versuchsanordnung entwirft zu anderem Zwecke MACH, Gesch. d. Mech., III. Aufl., S. 209.) Ist nur der Faden lang genug, so ist die Schwerkraftskomponente<sup>2)</sup> so klein, daß sie gegenüber der magnetischen Anziehung immerhin vernachlässigt werden kann; jedenfalls ist sie kleiner als die Reibung der Kugel an der Platte.

Bei der Ausführung solcher Versuche erhält man nun zwar recht schöne elliptische Bahnen, bei denen uns namentlich ein sehr rasches Wandern der Apsidenlinie auffällt. Im Unterricht muß es natürlich genügen, auf diese Thatsache als solche aufmerksam zu machen und höchstens eine vorübergehende Bemerkung daran zu knüpfen, daß bei den wirklichen Planetenbewegungen ein solches Wandern nur in sehr geringem Maße stattfindet. Für die tiefere theoretische Verarbeitung des ganzen Versuches aber macht eben diese Erscheinung am stärksten darauf aufmerksam, daß das Kraftgesetz, welches zwischen Sonne und Planeten gilt, nämlich  $1/r^2$ , hier jedenfalls nicht realisiert ist. Denn ist die Kugel aus weichem Eisen und wird sie durch den elektromagnetischen Pol angezogen, nachdem sie selbst durch Influenz magnetisch geworden ist, so hängt ja die Polstärke selbst wieder vom Abstände ab. Und überdies giebt es ja im Kügelchen zwei einander nahe entgegengesetzte Pole, was auch dann noch gilt, wenn das Kügelchen aus Stahl und ein permanenter Magnet wäre. Beides bildet ganz ebenso auch einen Einwand gegen die SALCHERSCHE Versuchsanordnung.

Dieser Umstand veranlaßte Herrn Dr. TUMA zu dem Vorschlage, nicht einen Eisen- oder Stahlmagneten, sondern einen Elektromagneten um den Pol des großen Elektromagneten kreisen zu lassen. Es ging aber nicht an, statt des Kügelchens einen bewickelten Eisenstab an die Pendelschnur anzubinden, denn hierbei pendelte, wie vorausgesehen, der Stab für sich um die Befestigungsstelle so stark, daß die elliptische Bewegung ganz verdeckt war. Es wurde also der Elektromagnet an einem

<sup>1)</sup> In solche Artet dieser, bei der richtigen, d. h. auf wirkliche Beobachtung einiger Planetenbewegungen gegründeten Behandlung der himmlischen Mechanik fesselndste Abschnitt des ganzen Mechanikunterrichtes jedenfalls aus, wenn, wie es gelegentlich empfohlen wurde, in der VII. Gymnasialklasse „die Planeten als bloße Kreidepunkte definiert“ und erst am Schlusse der VIII. Klasse die allerersten Anfangsgründe der Astronomie gelehrt — oder aus Zeitmangel auch ganz übergangen werden.

<sup>2)</sup> Immerhin ist es von theoretischem Interesse, daß gerade die so sich ergebende Schwerkraftskomponente, welche annähernd direkt proportional ist dem Abstände der Kugel vom Pol, zusammen mit der Coulombschen Anziehung die Kraftfunktion  $A + \frac{B}{r^2}$  ergibt — die einzige, für welche der Satz von der Anziehung der Kugeln auf äußere Punkte gilt (vgl. meinen Aufsatz, diese Zeitschr. XIII 65).

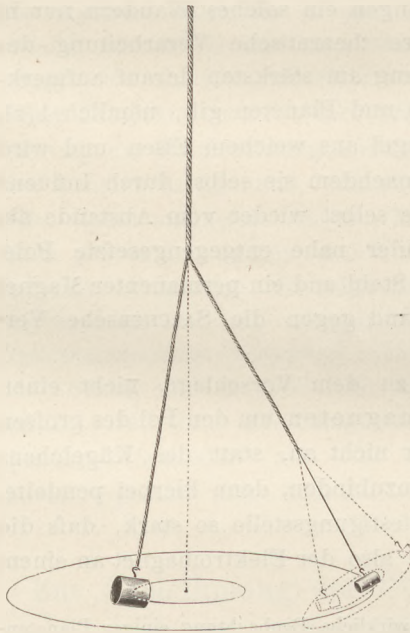
langen leichten Bambusrohr befestigt und dieses in seinem Schwerpunkte cardanisch (nach allen Seiten drehbar) aufgehängt<sup>3)</sup>.

Mit dieser Vorrichtung nun lassen sich in der That die elliptischen, parabolischen und hyperbolischen Bewegungen recht schön zeigen; namentlich wenn sowohl der Pol des großen wie des kleinen Elektromagneten mit glänzenden Metallknöpfen umgeben wurden, was auch das sonst immer wiederkehrende Aneinanderfahren und Haftbleiben der Pole zu verhindern hat. Besonders schön ist die Abänderung des Versuches, den einen der Pole durch Benutzung des Commutators zu wechseln, also statt Anziehung Abstoßung eintreten zu lassen, wobei der Pol des kleinen Elektromagneten in hyperbolischen Bahnen, die gegen den großen Pol convex sind, diesem ausweicht, bezw. ihn in sternförmigen Figuren umkreist.

## II.

Noch viel einfacher als die Versuche mit Magneten sind die folgenden, welche insbesondere veranschaulichen, daß beim Kreisen zweier Massen um einander nicht der Centralkörper bezw. sein Schwerpunkt (wie es nach den ursprünglichen Kepler'schen Gesetzen wäre), sondern deren gemeinschaftlicher Massenmittelpunkt den Centralpunkt darstellt und als solcher in relativer Ruhe bleibt.

Es werden einfach die mit Haken versehenen Gewichtstücke, z. B. von 1000 g und von 200 g, an gewöhnliche Spagatschnüre (Bindfäden) gebunden und diese an der



Decke des Zimmers befestigt (s. Fig.). Dreht man dann die Schnüre zusammen und läßt die Massen wieder los, so werden sie durch die sich wieder aufdrehenden Schnüre in kreisende Bewegung versetzt. Die Bahnradien verhalten sich dabei verkehrt wie die Massen<sup>4)</sup>. Es wird natürlich im Unterrichte je nach Zeit und Bedarf darauf hinzuweisen sein, inwieweit hier die dynamischen Bedingungen ähnlich und inwieweit sie verschiedenen sind von denen bei der Massenanziehung. Die Veranschaulichung kann noch weiter gehen, indem zwischen die um einander kreisenden Massen eine elastische Feder gespannt wird, die sich, je größer die Winkelgeschwindigkeit wird, umso mehr ausdehnt. Wird statt der Feder ein Faden zwischengeschaltet, so ist er vor einer bestimmten Geschwindigkeit des Kreisens schlaff, von dieser Geschwindigkeit an zwar gespannt, aber nicht, wie die Feder, zu verlängern; wird er nun durch eine unter den ruhenden Schwer-

punkt des Systems gehaltene Kerzenflamme durchgebrannt, so fliegen die Massen mehr oder weniger heftiger auseinander und nehmen neue Bahnen des Kreisens an.

<sup>3)</sup> Die Versuchsanordnung hatte sich hiermit sehr derjenigen genähert, welche, wie wir erst nachträglich aufmerksam gemacht wurden, schon in den älteren Auflagen von Müllers Kosmischer Physik angegeben ist. Es war dort nur statt eines Holzstabes mit Elektromagnet ein langer Magnetstab empfohlen, was eine minder bequeme, wohlfeile und wirksame Durchführung des Gedankens sein dürfte.

<sup>4)</sup> Vgl. den Aufsatz, S. 67 des vorigen Heftes, Anm. über die Beziehung dieses Versuches zu MACHS Definition des Massenverhältnisses durch das reziproke Verhältnis der Bahnradien  $b : a$ .

Der Versuch gelingt auch bei einiger Übung dann noch leicht, wenn 20—30 cm oberhalb der kleineren Masse an deren Schnur ein Zwirnsfaden mit einer noch kleineren Masse, z. B. von 20 g, befestigt und um diese in gleichem Windungssinne vor dem Zusammendrehen der Schnüre herumgeschlungen wird. Beim Aufdrehen der Schnüre bedarf es dann meistens eines dem kleinsten Gewichte im passenden Zeitpunkt erteilten Anstosses, damit dieses auch das kleinere umkreise. Das Ganze giebt dann eine drastische Veranschaulichung des Kreisens des Mondes um den Planeten, während dieser um die Sonne kreist. Bei einer vertieften Behandlung ist hier auch das Vorbild für die NEWTONSche Methode gegeben, aus den Bewegungen eines Mondes das Massenverhältnis der Planeten zur Sonne zu berechnen. — Indem jede der Schnüre für sich sich aufzuquirlen und das angebrachte Gewicht in Rotation zu versetzen pflegt, giebt die einfache Versuchsanordnung sogleich einen starken Eindruck von der Verwicklung himmlischer Bewegungen. Diese Verwicklung läßt sich in hübscher Weise wieder vereinfachen, wenn auch diese Kreisungen in Schattenprojektion (vgl. den vorigen Aufsatz, XIII 65) vorgeführt werden; ja ich habe beobachtet, daß hier die Anschauung von der Recht- und Rückläufigkeit des Mondes dem Zuschauer noch stärkere Zeichen des Beifalls entlockt als die vollere Anschauung vom Kreisen selbst. Jedenfalls bringt dieses Projizieren kräftig zum Bewußtsein, daß wir ja auch von dem Kreisen der Himmelskörper um einander znnächst nichts als die Projektionen auf das Himmelsgewölbe beobachten können.

## Galvanometerversuche.

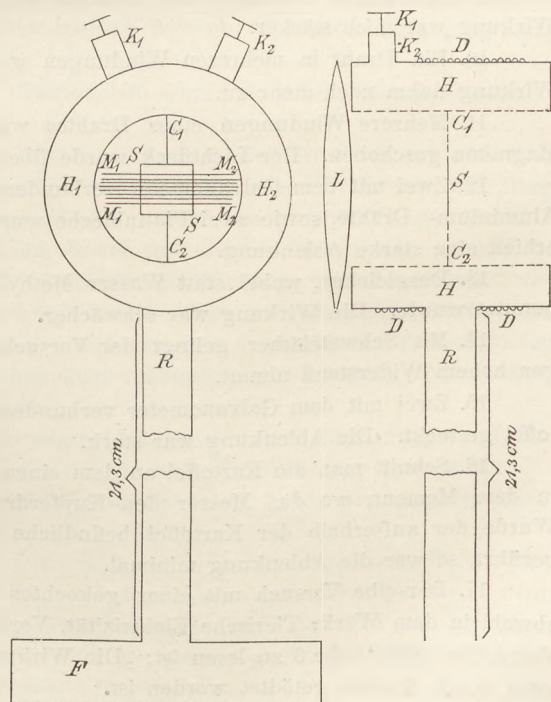
Von

Prof. Adami in Hof.

Der Mangel eines empfindlichen Galvanometers macht sich beim physikalischen Unterricht sehr fühlbar. Nicht alle Anstalten verfügen über die nötigen Mittel, um sich aus den renommierten Werkstätten feine Apparate verschaffen zu können. Man ist vielmehr häufig gezwungen, die Instrumente selbst anzufertigen, was vielfach nur mit Aufwand von Zeit, Mühe und pekuniären Opfern möglich ist.

Ein empfindliches Galvanometer kann nun auf folgende Weise angefertigt werden:

In einen Fuß  $F$  (s. Fig. =  $\frac{2}{3}$  n. Gr.) aus Blei oder Compositionsmetall ist ein Messingrohr  $R$  eingelassen, das oben eine Galvanometerspule  $H$  trägt, an deren Vorderseite eine Biconvexlinse  $L$  angebracht ist. In der Spule befindet sich ein Hohlcylinder aus Bein oder aus Aluminium; in diesem sind an einem Coconfaden  $C_1 C_2$  magnetisierte Nähadeln  $M_1 M_2$ , welche auf einen Spiegel  $S$  geklebt sind, aufgehängt.  $K_1 K_2$  sind Klemmschrauben,  $D$  die Drahtwindungen der Galvanometer-



spule. Vor der Linse wird eine Lichtquelle, entweder eine Lampe mit Spalt oder elektrische Glühlampe aufgestellt und der dadurch hervorgebrachte Lichtfleck auf einem Projektionsgitter aufgefangen. Letzteres hat den Vorteil, daß man die Versuche anstellen kann, ohne das Zimmer verdunkeln zu müssen.

Die Versuche, die mit einem solchen Galvanometer auf der 71. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in München in der Abteilung: „Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht“ angestellt wurden, waren folgende:

1. 10,5 m vom Galvanometer entfernt wurde ein kleiner Magnetstab hin- und herbewegt. Der Lichtfleck zeigte eine deutliche Ablenkung.

2. Ein mit dem Galvanometer verbundener Zink- und ein ebensolcher Kupferdraht wurde in destilliertes Wasser getaucht. Man erhielt eine sehr starke Ablenkung, aus der die Richtung des Stromes zu ersehen war.

3. Zwei isolierte Kupferdrähte von 4,5 m Länge waren parallel neben einander ausgespannt, und der eine davon war mit dem Galvanometer verbunden. Schickt man durch den anderen einen Strom von einem Trockenelement, so erhält man den Induktionsschließungsstrom, ebenso bei der Unterbrechung des Stromes den Öffnungsinduktionsstrom.

4. Zwei Induktionsspulen von 3 cm Höhe und 3 cm Durchmesser waren nebeneinander auf dem Tisch aufgestellt und eine davon mit dem Galvanometer verbunden. Schickte man in die andere den Strom eines Trockenelements, so erhielt man gleichfalls Induktionsschließungs- und -Öffnungsströme.

5. Während der Strom in der einen Spule geschlossen blieb, wurde die andere Spule der ersten genähert oder von ihr entfernt. Man erhielt gleichfalls Induktionsströme.

6. Der Strom in der ersten Spule wurde durch einen Widerstand geschwächt oder verstärkt. Man konnte noch die Wirkung von 1 Ohm Widerstand zeigen.

7. Ein gerader Draht von 12 cm Länge und 2 mm Dicke, dessen Enden mit dem Galvanometer verbunden waren, wurde an dem einen Pol eines 4 mm dicken und 12 cm langen Magneten vorbeigeführt. Man erhielt die Magneto-Induktionsströme.

8. Der Draht wurde in einem halbkreisförmigen Bogen über den Magnetpol geschoben. Die Wirkung war stärker.

9. Eine ganze Windung des Drahtes wurde über den Magnetpol geschoben. Die Wirkung war noch stärker.

10. Ein Draht in mehreren Windungen wurde über den Magnetpol geschoben. Die Wirkung nahm noch mehr zu.

11. Mehrere Windungen eines Drahtes wurden über den einen Pol eines größeren Magneten geschoben. Der Lichtfleck wurde über das ganze Gitter hinweg abgelenkt.

12. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Kupfer- (Zink-, Manganin-, Stahl-, Eisen-, Aluminium-) Drähte, sowie zwei Platinbleche wurden in destilliertes Wasser getaucht. Man erhielt eine starke Ablenkung.

13. Desgleichen, wobei statt Wasser Methylalkohol, der vollkommen wasserfrei war, benutzt wurde. Die Wirkung war schwächer.

14. Mit Schwefeläther gelingt der Versuch nur, wenn man eine Galvanometerspule von hohem Widerstand nimmt.

15. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Kupferdrähte wurden in eine rohe Kartoffel gesteckt. Die Ablenkung war stark.

16. Schnitt man die Kartoffel an dem einen Ende mit dem Messer an, so erhielt man in dem Moment, wo das Messer den Kupferdraht berührte, eine sehr starke Ablenkung. Wurde der außerhalb der Kartoffel befindliche Teil des Kupferdrahtes mit dem Messer berührt, so war die Ablenkung minimal.

17. Derselbe Versuch mit einer gekochten Kartoffel. Die Wirkung war die gleiche, obwohl in dem Werk: Tierische Elektrizität, Vorlesungen von Augustus D. Waller (Leipzig, Veit & Cie. 1899), Seite 3 zu lesen ist: „Die Wirkung bleibt vollständig aus, wenn die Kartoffel durch Kochen getötet worden ist.“

18. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Zinkdrähte wurden in einen Rettich gesteckt. Man erhielt eine starke Ablenkung.

19. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Stahldrähte wurden in Quecksilber gesteckt. Es zeigte sich eine Bewegung des Lichtflecks.

20. Ebenso bei zwei Platinblechen.

21. Jeder der beiden mit dem Galvanometer verbundenen Stahldrähte wurde in ein Glasgefäß, das mit Quecksilber gefüllt war, gesteckt und die beiden Glasgefäße mit einem Stahldraht überbrückt. Man erhielt eine Ablenkung.

22. Derselbe Versuch, nur fand die Überbrückung durch zwei Finger statt. Es entsteht gleichfalls ein Strom. Aber der in dem obengenannten Werk Seite 96 angegebene Strom der „Inneren Polarisierung“ beim Menschen läßt sich nicht mit Anwendung von Wasser hervorbringen. Man erhält nämlich sofort einen Strom, wenn man jeden von zwei mit dem Galvanometer verbundenen Kupferdrähten in ein Glasgefäß mit Wasser taucht und dann mit Kupferdraht überbrückt. Man müßte daher auch von einem „Inneren Polarisationsstrom“ des Kupfers sprechen.

23. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Stücke eines und desselben Metalldrahtes (z. B. Kupfer, Zink, Eisen, Aluminium etc.) wurden mit einander in Berührung gebracht. Man erhält jedesmal eine Ablenkung des Lichtflecks.

24. Desgleichen mit den beiden Stücken einer vor den Augen der Versammlung abgebrochenen Stricknadel.

Aus den angestellten Versuchen geht die Thatsache hervor, daß es möglich ist, mit zwei Stücken eines und desselben chemisch reinen Metalles durch gegenseitige Berührung Elektrizität zu erzeugen.

25. Zwei mit dem Galvanometer verbundene Drähte verschiedener Metalle (z. B. Kupfer und Zink, Eisen und Aluminium etc.) wurden mit einander berührt. Die Ablenkung war viel stärker.

26. Wurden die Drähte vertauscht, so änderte der Strom seine Richtung.

27. Desgleichen, wenn man statt der Drähte Metallplatten, die an Schellackgriffen angefaßt wurden, benutzte.

28. Ein an beiden Enden mit dem Galvanometer verbundener Kupferdraht wurde zwischen den Polen eines kleinen Hufeisenmagneten bewegt. Die Ablenkung ging bald nach rechts, bald nach links.

29. Mit einer ebenso eingerichteten Drahtschleife wurde derselbe Versuch angestellt. Die Wirkung war stärker.

30. Ein vollständig geschlossener Kupferring trug zwei Kupferdrähte, die diametral an den Ring gesteckt und mit dem Galvanometer verbunden waren. Dreht man den Ring zwischen den Polen des kleinen Hufeisenmagneten, so erhält man gleichfalls einen Strom.

31. In einen Holzzylinder war eine 5 mm breite und ebenso tiefe Rinne eingedreht und dieselbe mit Blumendraht ausgewickelt. Eine einzige Windung aus Kupferdraht war um diesen Blumendraht geschlungen und ihre Enden mit dem Galvanometer verbunden. Man erhielt bei der Drehung dieses Apparates zwischen den Polen des Hufeisenmagneten einen Strom bei  $90^\circ$  und  $180^\circ$  Drehung in derselben Richtung. Die Richtung änderte sich, sobald weiter bis  $270^\circ$  und  $360^\circ$  gedreht wurde.

32. Derselbe Versuch, nur waren statt einer einzigen Kupferdrahtwindung zwei einander diametral gegenüberstehende Windungen angebracht. Die Wirkung war stärker.

33. Die beim 4. Versuch gebrauchte Induktionsspule wurde in die Richtung der Inklinationnadel gehalten. Die Ablenkung war stark.

34. Die Induktionsspule lag auf dem Tisch und wurde horizontal herumgedreht. Man erhielt gleichfalls Induktionsströme, ebenso wenn die Spule auf- und abwärts bewegt wird.

35. Windet man einen Draht in Form einer Spirale von 12 Windungen und verbindet die Enden dieses Drahtes mit dem Galvanometer, so erhält man einen Strom, wenn man diese Spirale in die Richtung der Inklinationnadel bringt.

36. Durch den menschlichen Körper wurden in der Weise Ströme hervorgebracht, daß man mit den beiden Händen entweder zwei Kupfer-, oder Zink-, oder Eisen- etc. Drähte, welche mit dem Galvanometer verbunden waren, berührte.

37. Die Wirkung war viel stärker, wenn man mit der einen Hand z. B. einen Kupfer-, mit der andern Hand einen Eisen- oder Aluminiumdraht berührte.

38. Vier Personen reichten sich die Hände. Die erste berührte einen Kupferdraht, die letzte einen Zinkdraht, welche beide mit dem Galvanometer verbunden waren. Man erhielt so einen Strom.

39. Macht man eine Kupferplatte mit der Zunge feucht und bringt dieselbe an eine andere Kupferplatte, welche ebenso wie die erste Kupferplatte mit dem Galvanometer verbunden ist, so erhält man einen starken Strom. Reißt man die beiden Platten von einander, so erhält man einen Strom von gleicher Richtung und größerer Stärke.

40. Wird eine von zwei mit dem Galvanometer verbundenen Kupferplatten erwärmt und mit der anderen berührt, so geht der Strom von der kalten zur warmen Platte.

Es sei noch bemerkt, daß, wo es nicht ausdrücklich angegeben ist, die Metalldrähte durchaus mit Kautschukhandgriffen angefaßt und vor jedem Versuch mit feinstem Schmirgelpapier frisch abpoliert wurden.

Die Übereinstimmung der statischen mit der dynamischen Elektrizität wird durch folgende Versuche erwiesen:

1. Hält man an das eine Ende einer mit dem Galvanometer verbundenen Doppelschnur einen geriebenen Kautschukstab, während man das andere Ende der Doppelschnur in der Hand hält oder frei herabhängen läßt, so erhält man eine Ablenkung des Lichtflecks.

2. Nimmt man statt des Kautschukstabes eine geriebene Glasstange, so schlägt der Lichtfleck nach der entgegengesetzten Seite aus.

Beide Versuche gelingen auch, wenn man statt der Doppelschnur einen einzigen Draht verwendet, nur muß die zweite Klemmschraube des Galvanometers mit dem Erdboden in leitender Verbindung sein.

3. Nimmt man das eine Ende eines mit dem Galvanometer verbundenen Drahtes in die Hand, verbindet ferner eine auf einem Kautschukstiele befestigte Metallkugel durch einen Draht mit der zweiten Klemmschraube des Galvanometers, nimmt diesen Kautschukstiel in die Hand und läßt von dem Deckel eines Elektrophors einen Funken auf die Metallkugel überschlagen, so erhält man eine Ablenkung des Lichtflecks.

4. Wird die Kautschukplatte eines Elektrophors mit einem isolierten Draht, der zum Galvanometer führt, berührt, hierauf der Deckel des Elektrophors abgehoben, so daß er an einen zweiten mit dem Galvanometer verbundenen isolierten Draht anstößt, so erhält man eine Ablenkung des Lichtflecks.

5. Die Ablenkung wird stärker, wenn die Kautschukplatte in einem Metallteller liegt, und man zuerst den Teller, dann die obere Seite des Deckels mit je einem Draht, welcher mit dem Galvanometer verbunden ist, berührt.

Die letzten Versuche wurden in der Weise angestellt, daß sich der Experimentator 8—10 m vom Galvanometer entfernt aufgestellt hatte.

## Versuche über das Zwei- und Dreileitersystem.

Von

J. Beuriger in Bonn.

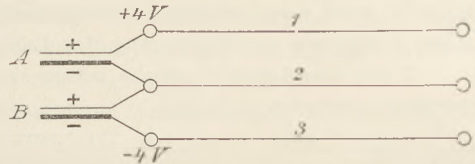
Auch mit einfachen Hilfsmitteln lassen sich diese Versuche bei niedrigen Spannungen durchführen, wenn als Stromquelle Akkumulatoren (oder parallel geschaltete Bunsenelemente) benutzt werden, da wegen des geringen innern Widerstandes die Klemmenspannung nahezu constant bleibt. Die käuflichen 4-V.-Lampen eignen sich nicht zu den Versuchen, da sie auf geringe Änderung der Stromstärke bei der Kürze des Kohlenfadens nicht genügend



reagieren. Am geeignetsten wären 4-V.-Lampen mit langen, also dickeren Kohlenfäden, die aber einen ziemlich starken Strom verbrauchen. Da solche Lampen nicht zu erhalten waren, so verwendete ich Platindrähte von 6,5 cm Länge, 0,32 mm Dicke und  $\frac{1}{3}$  Ohm Widerstand, die in passende Halter eingespannt und direkt auf die Leitungsdrähte aufgelegt wurden. Die Leitungen waren  $1\frac{1}{2}$  m lang und bestanden entweder

aus Kupferdraht	(2,5 mm dick, Widerstand 0,0035 Ohm pro m),
oder Messingdraht	(1,15 - - - - - 0,066 - - - -)
oder Stahldraht	(1,11 - - - - - 0,115 - - - -)

Den Strom lieferten zwei Akkumulatorenbatterien (transportable) A und B zu je 4 Zellen, von denen je zwei Zellen nebeneinander geschaltet waren. Wie aus der Figur ersichtlich, ist der positive Pol von A mit der Leitung 1, der negative von A und der positive von B mit der Leitung 2 und der negative Pol von B mit der Leitung 3 durch kurze dicke Kupferdrähte verbunden. Die Leitung 1, 2 bzw. 2, 3 kann nun als Zweileitersystem mit 4-V.-Spannung, die Leitung 1, 3 als solche mit 8-V.-Spannung betrachtet werden, während alle drei Leitungen das Dreileitersystem darstellen.



Folgende Versuche wurden mit diesen einfachen Hilfsmitteln angestellt:

A. Zweileitersystem.

1. Eine Glühlampe in der Nähe der Klemmen brennt hell. Schiebt man sie weiter zurück, so zeigt sich bei Benutzung der Kupferdrahtleitung keine Verminderung der Helligkeit, dagegen wohl bei den beiden andern Leitungen aus Messing- oder Stahldraht kommt die Lampe in einer Entfernung von etwas über 1 m kaum noch zu schwacher Glut.

2. Fügt man zu der ersten Lampe in der Nähe der Klemmen eine zweite, so brennen beide Lampen gleich hell. Bei der Kupferdrahtleitung tritt in gröfserer Entfernung durch die Einschaltung einer zweiten Lampe nur eine kleine Helligkeitsverminderung ein. Dagegen tritt schon in geringer Entfernung von den Klemmen eine solche bei den andern Leitungen ein und an der Stelle, an welcher eine Lampe noch mit mäfsiger Rotglut brannte, kamen zwei parallel geschaltete Lampen nicht mehr zum Glühen.

Die Änderung der Lichtstärke in beiden Lampen, falls man eine derselben nach der Stromquelle hin oder von ihr fort bewegte, war deutlich sichtbar.

B. Dreileitersystem.

Es wurde bei diesen Versuchen nur noch die Messing- und Stahldrahtleitung benutzt.

3. Schaltet man zwischen 1, 2 eine Glühlampe und darauf eine solche zwischen 2, 3, so brennt jede Lampe heller als eine allein.

4. Verschiebt man die Lampen, so brennen sie in solcher Entfernung im Dreileitersystem noch hell, wo im Zweileitersystem nur schwache Rotglut eintritt.

5. Belastet man beide Zweige gleichmäfsig, so kann man ohne Störung die Verbindung des Mittelleiters mit den Akkumulatoren unterbrechen oder auch die Isolation dieses Leiters gegen die Erde verringern oder aufheben. Der mittlere Draht ist stromlos.

6. Sind die Zweige ungleich belastet, enthält etwa der eine Zweig 1, 2 zwei und der Zweig 2, 3 eine Lampe, so ist der mittlere Draht nicht mehr stromlos. Sobald man seine Verbindung mit den Akkumulatoren löst, tritt ein helleres Brennen im schwächer belasteten Zweig ein, doch ist die Änderung um so geringer, je näher das Verhältnis der Belastungen der Einheit liegt. (Drei Lampen in einem, zwei im andern Zweige.)

7. Die Leistung des Dreileitersystems erstreckt sich etwa auf die doppelte Entfernung wie beim Zweileitersystem. Die Messingdrahtleitung ist wegen ihres geringern Widerstands günstiger als die Stahldrahtleitung. Ersetzt man nun den Mitteldraht in der Messingdrahtleitung durch Stahldraht, so hat dies bei nahezu gleichmäfsiger Belastung beider Zweige keinen Einfluss auf die Helligkeit. Die Mittelleitung kann also einen gröfsern Widerstand (halber Querschnitt) besitzen und frei in die Erde verlegt werden.

Diese Versuche zeigen, daß beim Dreileitersystem eine bedeutende Kupferersparnis erzielt wird. Wegen der doppelten Spannung braucht man für jede Leitung nur den halben Querschnitt und statt vier Leitungen für die beiden Leitungskreise nur deren drei, sodaß also beim Dreileitersystem man nur  $\frac{3}{8} = 37,5\%$ , wenn der Mittelleiter denselben Querschnitt wie die Außenleiter hat, und nur  $\frac{5}{16} = 31,25\%$  bei halbem Querschnitt des Mittelleiters desjenigen Kupfers bedarf, welches beim Zweileitersystem erforderlich wäre.

C. Versuche mit andern Stromquellen.

Verwendet man Stromquellen, bei denen der innere Widerstand verhältnismäßig groß ist (Trockenelemente, Gölchersche Thermosäule), so muß der Platindraht bedeutend kürzer genommen werden und die Unterschiede in den Lichtstärken bei den verschiedenen Entfernungen treten nicht so deutlich auf, da in diesem Falle die Spannungsdifferenz an der Anlegestelle der Lampe wegen der veränderlichen Klemmenspannung nicht mehr in einem einfachen Verhältnis zur Entfernung der Lampe von den Klemmen steht.

Diese sämtlichen Versuche lassen sich natürlich auch zur Erläuterung des Ohmschen Gesetzes verwerten.

## Zur Theorie der physikalischen Maßsysteme und Dimensionen.

Von

P. Volkmann, Professor der theoretischen Physik an der Universität Königsberg i. Pr.

I.

Die Theorie der physikalischen Maßsysteme und Dimensionen hat bekanntlich, seit Gauß und Weber sich die Aufgabe stellten, alle physikalischen Messungen auf Maße der Mechanik zurückzuführen, wiederholt die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf sich gezogen, welche, wohl durch die Aufnahme des Wortes „absolut“ in die Terminologie der Maßsysteme verleitet, in dem eingeführten Hilfsmittel der Dimensionen mehr zu sehen glaubten, als tatsächlich darin steckt<sup>1)</sup>. Ich folge einer Aufforderung des Herrn Herausgebers, wenn ich im Folgenden meine Anschauungen über die Bedeutung, welche den Dimensionen physikalischer Begriffe in Verbindung mit den Maßsystemen zukommt, an der Hand einer historisch-erkenntniskritischen Studie mitteile.

Von vornherein will ich zur Orientierung des Folgenden bemerken, daß es sich empfehlen wird, die übliche Bezeichnung „absolut“ in dem erwähnten Zusammenhang ganz zu streichen. Es wird Hauptaufgabe meiner Studie sein, den Nachweis zu führen, daß das sogenannte „absolute Maßsystem der Physik“ eine Reihe nach sehr verschiedenen Grundsätzen und Gesichtspunkten gebildeter Maßsysteme in sich begreift, in welchen die Tatsachen und Gesetze der Natur nicht minder wie die Terminologie des wissenschaftlichen Systems ihren Ausdruck gefunden haben.

Ich glaube meine Aufgabe am besten lösen zu können, wenn ich die theoretische Frage nach der Zahl und Wahl der postulierenden Grundbegriffe für die theoretischen Systeme der Physik gesondert von der praktischen Frage nach den Maßsystemen und den ihnen zu Grunde liegenden Einheiten behandle. Ich beginne mit den Grundbegriffen der Mechanik und dem mechanischen Maßsystem.

II.

Die Mechanik will wie jede physikalische Disziplin als ein in sich geschlossenes wissenschaftliches System dargestellt sein, dessen innere Sicherung und Festigkeit durchaus als

<sup>1)</sup> Es möge zur Bekräftigung meiner Anschauung auf die Anmerkung verwiesen werden, welche sich im Vorwort, S. IV, des neuen „kleinen Leitfadens der praktischen Physik“ von F. Kohlrausch, Leipzig, 1900, befindet. Die Aufnahme der Theorie der Dimensionen in den elementaren Unterricht der Schule scheint mir nicht ohne Bedenken — Bedenken, in denen ich durch die in dieser Zeitschrift geführten Diskussionen bestärkt worden bin.

eine gegenseitige — von einzelnen Teilen ausgehende und auf einzelne Teile rückwirkende — angesehen sein will<sup>2)</sup>. Die Verbindung der einzelnen Teile des Systems erweist sich im Gebiete der Wirklichkeit d. h. im Gebiete der Beobachtung und Messung zugänglichen Erscheinungen als so verwickelt, daß für den Erkenntnisprozess nichts anderes übrig bleibt, als mit dem Versuch zu beginnen, den ganzen Reichtum der Wirklichkeit bezw. der Erscheinungen auf gewisse von einander unabhängige Grundbegriffe wie auf Coordinaten zu beziehen.

Diese Grundbegriffe werden bei der Einführung in das Studium als solche zu postulieren sein, ohne daß ihr Inhalt und ihre Tragweite sofort genau umgrenzt und präzisiert werden könnte; sie stellen zunächst nur Anweisungen für die Zukunft dar, welche die weitere Entwicklung und Darstellung der Wissenschaft in ihrer Fruchtbarkeit nachzuweisen haben wird. Als solche Begriffspostulate hat die Entwicklung der Mechanik bis auf Galilei die Anschauungen bezw. die Begriffe des Raumes und der Zeit ergeben, die Physik Newtons bereicherte diese postulierenden Grundbegriffe um den Begriff der Masse.

Mit diesen in uns mehr oder weniger ausgebildeten Anschauungen des Raumes, der Zeit und der Masse gehen wir in die Erscheinungen der Mechanik hinein. Allenthalben finden wir in der von der Mechanik behandelten Wirklichkeit Vorgänge vor, bei denen wir an die genannten Anschauungsformen einzeln oder zusammen anknüpfen können. Da wir überhaupt bei der Erscheinungen Flucht uns nur an ruhenden Polen orientieren können, fordern wir zu unserer Orientierung die begriffliche Unabhängigkeit der Anschauungsformen bezw. Begriffe von Raum, Zeit und Masse von einander.

Wie der Geometer die von ihm zu untersuchenden räumlichen Gebilde auf drei räumliche Coordinaten bezieht, welche als Hilfsinstrument zur Bequemlichkeit des Studiums d. h. zur Entlastung des immerhin nur beschränkt entwickelten Anschauungsvermögens in uns eingeführt werden, so bezieht der Physiker die von ihm zu untersuchenden, wesentlich verwickelteren Erscheinungen auf eine grössere Anzahl von Bezugsstücken, welche wir gleichfalls als Hilfsinstrument uns eingeführt denken und in erweiterter Bedeutung ebenfalls Coordinaten nennen können<sup>3)</sup>. Haben die räumlichen Gebilde in üblicher Ausdrucksweise im allgemeinsten Falle drei Dimensionen, so werden wir es in dem erwähnten Sinne als eine wissenschaftlich durchaus erlaubte Erweiterung der Terminologie betrachten dürfen, wenn wir nunmehr die mechanischen Begriffe als Gebilde auffassen, denen nicht nur in Bezug auf den Raumbegriff, sondern auch in Bezug auf den Massen- und Zeitbegriff ein grösserer Reichtum von Dimensionen zukommen kann, als ihn rein geometrische Gebilde aufweisen.

<sup>2)</sup> Der Gedanke, daß das System der Mechanik wie jedes physikalische System durch rückwirkende und durchaus gegenseitige Verfestigung der einzelnen Teile getragen wird, liegt meinen vor kurzem erschienenen Vorlesungen zu Grunde: „Einführung in das Studium der theoretischen Physik, insbesondere in das der analytischen Mechanik mit einer Einleitung in die Theorie der physikalischen Erkenntnis“, Leipzig, 1900.

Hierher gehört auch eine Aeußerung von Hertz: „Es läßt sich nicht jede einzelne Formel besonders durch die Erfahrung prüfen, sondern nur das System als Ganzes. Mit dem Gleichungssystem der gewöhnlichen Mechanik liegt ja die Sache kaum anders“. Hertz ges. Werke, Bd. II, S. 210.

<sup>3)</sup> Die erweiterte Bedeutung, die ich der Bezeichnung „Coordinate“ beilege, kommt in gewissem Sinne den Kantschen Spekulationen über die transcendente Idealität der für uns aprioristischen Zeit- und Raumsanschauungen entgegen. Ebenso wie wir die in der analytischen Geometrie benutzten Coordinaten als ein den zu untersuchenden geometrischen Gebilden durchaus fremdes Beiwerk anzusehen haben, auf welches wir jene zu untersuchenden Gebilde nur zur bequemeren Orientierung für unseren Verstand eingeführt haben, so können wir die Beziehungen der physikalischen Vorgänge auf zeitliche und räumliche Anschauung überhaupt im Sinne Kants als Beziehungen auf ein fremdes Beiwerk betrachten, welches mit „den Dingen an sich“ nichts zu thun hat und nur für unseren Organismus bequem liegt. — Als dritte solche Anschauungsform würde zu den Kantschen Anschauungsformen der Zeit und des Raumes noch der Massenbegriff hinzutreten haben.

Die Hauptsache ist, daß die Entwicklung der Mechanik Raum, Zeit und Masse als geeignete, unabhängig von einander bestehende Bezugsbegriffe erwiesen hat, durch welche der Reichtum der mechanischen Wirklichkeit seinen naturgemäßen Ausdruck findet<sup>4)</sup>.

### III.

Nachdem nun einmal die Begriffe des Raumes, der Zeit und der Masse für das theoretische System der Mechanik als von einander unabhängige Begriffspostulate proklamiert sind, auf welche Aufbau und Entwicklung der Disziplin bezogen werden soll, kann davon gar nicht mehr die Rede sein, die Begriffe theoretisch weiter auf einander zurückführen zu wollen; es hätte theoretisch überhaupt keinen Sinn, dies thun zu wollen. Praktisch bietet sich allerdings in mehrfacher Richtung die Möglichkeit, die Einheiten für die drei Grundbegriffe auf einander zurückzuführen, dann erhebt sich aber die Frage nach der praktischen Zweckmäßigkeit — eine Frage, die für die allgemeine Mechanik in diesem Abschnitt behandelt werden soll.

Man kann praktisch einmal, ohne an spezielle natürliche Vorgänge zwischen Massen in Raum und Zeit anzuknüpfen, wie solche einzelne Naturgesetze an die Hand geben, willkürliche Verfügungen treffen, bei denen, wie das z. B. bei der Begründung des metrischen Systems vor einem Jahrhundert versucht wurde, für die praktische Herstellung einer Mafseinheit der Masse auf die Längeneinheit zurückgegangen wird.

Wenn man aber berücksichtigt, daß Massen mit Hilfe der Wage viel genauer unter einander verglichen werden können als Längen unter einander mit Hilfe von Comparatoren, wenn man weiter berücksichtigt, daß für die praktische Realisierung der nach dem metrischen System auf die Längeneinheit basierten Masseneinheit noch weitere praktische Schwierigkeiten auftreten, welche eine Herabminderung der erwünschten Genauigkeit zur Folge haben, so wird man es verstehen, daß die heutige Metronomik den Gedanken an eine präzise Realisierung des metrischen Systems aufgegeben hat, und nunmehr die Einheiten der Länge und der Masse in Übereinstimmung mit dem theoretischen System der Mechanik unabhängig von einander definiert, wobei der ursprüngliche Gedanke des metrischen Systems als eine erste sehr starke und für viele Zwecke bequeme und ausreichende Annäherung erhalten bleibt.

Man kann praktisch sodann unter spezieller Bezugnahme auf einzelne Naturgesetze die Möglichkeit erweisen, Einheiten der drei Grundbegriffe auf einander ganz oder teilweise zurückzuführen. Das Newtonsche Gravitationsgesetz und das darauf basierte Gravitationsmafssystem der praktischen Astronomie kann hier als Beispiel herangezogen werden<sup>5)</sup>. Setzt

<sup>4)</sup> Es mag hier noch des Vorschlages von Ostwald (1891) gedacht werden, in den drei fundamentalen Bezugsbegriffen den Begriff der Masse durch den der Energie zu ersetzen. Bei der innerhalb des physikalischen Systems in manchen Beziehungen ähnlichen Stellung des Satzes von der Erhaltung der Masse einerseits und des Satzes von der Erhaltung der Energie andererseits wird die theoretische Möglichkeit eines solchen Ersatzes zuzugeben sein. Die Frage nach dem wirklichen Ersatz ist eine Frage der Zweckmäßigkeit, deren Beantwortung sich im Laufe physikalischer Untersuchungen mit den Zwecken ändern kann. Praktisch ist hervorzuheben, daß der Massenbegriff, nachdem man über die Einheit der Massengröße einmal schlüssig geworden ist, in der einfachsten präzisesten Weise eine Realisierung bzw. Vergleichung zuläßt, was man von dem Energiebegriff nicht wird sagen können.

<sup>5)</sup> Das Gravitationsmafssystem setzt die Constante des Newton'schen Gravitationsgesetzes numerisch gleich der Einheit und definiert zwei Masseneinheiten als der einander gleichen Massen, welche in der Einheit der Entfernung die Einheit der Beschleunigung hervorrufen. Unter Rücksicht auf den Werth der Gravitationsconstanten im C.G.S.-System  $67.10^{-9}$  [ $\text{gr}^{-1} \text{cm}^3 \text{sec}^{-2}$ ] berechnet sich die Größe dieser Masseneinheit zu circa 15 000 Kilogramm. Die Dimension der Masse ergibt sich in dem Gravitationsmafssystem aus:

$$\left[ \frac{m^2}{v^2} \right] = [m \text{lt}^{-2}] \quad \text{zu:} \quad [m] = [l^3 \text{t}^{-2}].$$

Man vergleiche meine schon citierten Vorlesungen Seite 101 — 105. Dort findet sich auch Näheres über die Möglichkeit der Ableitung einer Zeiteinheit aus dem Newton'schen Gravitationsgesetz, auf welche im Text Bezug genommen ist. Ich komme am Anfang des fünften Abschnittes auf das Gravitationsmafssystem zurück.

man irgendwie eine Längeneinheit fest, so gestattet übrigens das Gravitationsgesetz in seinen verschiedenen Anwendungen nicht allein eine Masseneinheit, sondern auch eine Zeiteinheit abzuleiten.

Für die praktische allgemeine Mechanik kann eine derartige Zurückführung der drei Grundeinheiten auf einander darum wieder keine große Bedeutung haben, weil die praktische Herleitung der erwähnten Massen- und Zeiteinheiten aus der Längeneinheit mit erheblich größeren Fehlern behaftet ist, als die Vergleichung von Massen oder Zeiten unter einander.

#### IV.

Wir wenden uns jetzt zur Betrachtung des theoretischen Systems der elektrischen und magnetischen Erscheinungen und haben hier wieder die Frage nach der Zahl und Wahl der zu postulierenden Grundbegriffe sorgfältig zu trennen von der Frage nach der Möglichkeit einer etwaigen praktischen Zurückführung der Maßeinheiten für diese Grundbegriffe auf einander, wie solche die speziellen Naturgesetze für die elektrischen und magnetischen Größen darbieten.

Die im Laufe der geschichtlichen Entwicklung in Betracht kommenden elektrischen und magnetischen Kräfte tragen bekanntlich einen doppelten Charakter, auf der einen Seite einen ponderomotorischen<sup>6)</sup>, auf der anderen einen elektro- bzw. magnetomotorischen (Induktionserscheinungen). Das Coulombsche Gesetz für die Elektrostatik vereinigt noch beide Charaktere von Kräften in sich, aber dann teilt sich die geschichtliche Entwicklung des Studiums beider Kräfte.

Zunächst stand im Vordergrund des Interesses die Aufdeckung der ponderomotorischen Wirkungen und mit ihr die stoffliche Auffassung der Elektrizitäts-, Magnetismus- und Strommengen. Bei der durch die gleiche Abhängigkeit von der Entfernung nahegelegten Parallelität der Gesetze von Coulomb, Laplace und Ampère mit dem Newtonschen Gravitationsgesetz erscheint die Anschauung bevorzugt, daß die in Betracht kommenden Kräfte gewissen postulierten Mengen bzw. Massen proportional sind — bei Newtons Gesetz den ponderablen Massen, bei den elektrischen und magnetischen Gesetzen den imponderablen Massen.

War Coulomb der erste, welcher durch Aufstellung seines Gesetzes die Möglichkeit erwies, der Ausarbeitung der elektrostatischen Begriffe eine größere Präzision zu geben, so kann es bei dem Einfluß, den die geschichtliche Reihenfolge der physikalischen Entdeckungen auf die Gestaltung des wissenschaftlichen Systems naturgemäß ausübt, nicht wunderbar erscheinen, daß die durch die beiden ponderomotorischen Coulombschen Gesetze in ihrer Größe präzisierten Begriffe der Elektrizitäts- und Magnetismenmenge in Wissenschaft und Unterricht bis auf den heutigen Tag eine gewisse Bevorzugung genießen.

Wäre Ørstedts Entdeckung älteren Datums gewesen und hätte Laplace im Anschluß an die Biot-Savartschen Messungen und Ampère im Anschluß an seine eigenen Messungen vor Coulomb das Gesetz der ponderomotorischen, elektromagnetischen und elektrodynamischen Wirkungen aufgestellt, so wäre der heutige Begriff der Stromstärke, sei es in seiner elektromagnetischen, sei es in seiner elektrodynamischen Bedeutung als das naturgemäße Begriffspostulat erschienen, aus dem man den Begriff der Elektrizitätsmenge abgeleitet hätte. Die Entwicklung der Technik, welche nicht viel nach dem Ursprung der Begriffe fragt, hat es mit sich gebracht, daß tatsächlich der Begriff der Stromstärke eine Art praktisches Begriffspostulat bildet.

Dem bisher kurz skizzierten Entwicklungsgange der elektrischen und magnetischen Theorien haftete der Mangel an, daß den ihnen zu Grunde liegenden Mengenbegriffen der elektrischen und magnetischen Masse bzw. der Stromstärke die Eigenschaft fehlt, welche die ponderable Masse in so hervorragendem Grade als Grundlage für das theoretische Begriffssystem und für das praktische Maßsystem als geeignet erscheinen läßt und auszeichnet: die Eigenschaft der Unzerstörbarkeit und Erhaltung. Dieser Mangel setzt die Zweckmäßigkeit eines Postulates imponderabler Mengen für die Theorie in Zweifel — ein

<sup>6)</sup> Ich folge hier der zuerst von C. Neumann eingeführten, sehr zweckmäßigen Terminologie.

Zweifel, welcher nur bestärkt wurde, als die weitere Entwicklung das Interesse an den elektromotorischen Wirkungen und mit ihm die Auffassung der Potentialtheorie in den Vordergrund rückte; danach spielt der Begriff der Masse die Rolle als Träger der Wirkung, als Wirkungsgröße.

Hatte der Ausgangspunkt der theoretischen Entwicklung das Coulombsche Gesetz für elektrostatische und magnetische Wirkungen beiderlei Kräfte die ponderomotorischen und die elektromotorischen bzw. magnetomotorischen Wirkungen in sich vereinigt, so strebte die weitere Entwicklung wieder einem solchen Vereinigungsziele zu: die Mannigfaltigkeiten der elektrischen und magnetischen Erscheinungen unter einheitlichen Gesichtspunkten zu begreifen. Ein solches Ziel verfolgten die Maxwell-Hertzschen Forschungen, in anderer Weise hatten es zuvor die W. Weberschen Forschungen zu erreichen versucht.

Ob die Hertzschen Gleichungen dieses Ziel erreicht haben, kann hier ganz dahingestellt bleiben, jedenfalls sucht aus ihnen Hertz die ganze Fülle und Mannigfaltigkeit der Gesetze der elektrischen und magnetischen Erscheinungen abzuleiten; alle elektrischen und magnetischen Gesetze der älteren Entwicklung, die Gesetze von Coulomb, Ampère, Laplace etc. erscheinen als spezielle Fälle eines höheren umfassenden Gesetzes. Die systematische Auffassung ist dabei dualistisch<sup>7)</sup>, sie wurzelt in dem Postulat von der Einheit der elektrischen und der Einheit der magnetischen Kraft, oder auch der Einheit der elektrischen und der Einheit der magnetischen Energie.

## V.

Wir nehmen nun die Frage nach den elektrischen Maßsystemen und nach den Dimensionen der elektrischen Begriffe auf. Wir vergegenwärtigen uns die Mannigfaltigkeit der im Gebiet der elektrischen und magnetischen Erscheinungen herrschenden Maßsysteme und fragen, wie werden wir diese Maßsysteme in ihrer Eigenart charakterisieren können?

Das mechanische Maßsystem stand nach unserer Darstellung in engster Fühlung zum systematischen Aufbau der Mechanik und zu ihrer praktischen Begründung. Raum, Masse, Zeit waren nicht bloß die Begriffspostulate, welche die Entwicklung der Mechanik theoretisch gezeitigt hat, sondern auch die Größen, welche sich in hervorragendem Grade zur Grundlage eines praktischen Maßsystems der Mechanik eignen.

Die elektrischen Maßsysteme weisen dagegen eine gewisse Ähnlichkeit mit dem aus der praktischen Astronomie bekannten, unter III berührten Gravitationsmaßsystem auf. Die Astronomie wird in ihrem ganzen Umfang von dem Newtonschen Gravitationsgesetz beherrscht und verläßt daher in keinem ihrer Teile die Sphäre dieses Gesetzes. So kommt es, daß die Astronomie, wenn auch nicht theoretisch, so doch praktisch den Begriff der Masse entbehren kann; dieser Begriff spielt wesentlich die Rolle einer Rechnungsgröße, wie sie sich etwa aus dem dritten Keplerschen Gesetz ergibt, oder wie sie der Definition entspricht: Zwei Masseneinheiten wirken in der Einheit der Entfernung die Einheit der Beschleunigung.

Jedes einzelne elektrische Maßsystem wird nun ähnlich wie das Gravitationsmaßsystem von einem bestimmten speziellen Naturgesetz beherrscht. So kommt es, daß die praktische Meßkunst in dem Gebiete der Elektrizität eine Reihe fundamentaler Maße entbehren zu können scheint, welche der theoretische Aufbau des elektrischen Systems fordert, welche aber praktisch wieder nur die Rolle von Rechnungsgrößen zu spielen scheinen. Was weiter die Mannigfaltigkeit des elektrischen Maßsystems betrifft, so basiert diese wesentlich auf der Mannigfaltigkeit der speziellen elektrischen und magnetischen Naturgesetze, nach denen jene ihren Namen tragen.

<sup>7)</sup> Die W. Webersche systematische Auffassung möchte ich der Maxwell-Hertzschen dualistischen gegenüber als wesentlich monistisch charakterisieren, sie wurzelt in dem Postulat der Einheit der elektrischen Wirkungen unter Zugrundelegung des W. Weberschen Gesetzes mit dem Begriff der elektrostatischen Masse und der Zurückführung der magnetischen Wirkungen darauf unter Zugrundelegung der bekannten Ampèreschen Vorstellungen.

Gaußs basierte das nach ihm benannte Maßsystem auf den ponderomotorischen Wirkungen der nach den Coulombschen Gesetzen gegebenen elektrostatischen und magnetischen Kräfte, ihm schlossen sich Helmholtz und Hertz in ihren Arbeiten an. W. Weber basierte das elektromagnetische Maßsystem auf den ponderomotorischen, elektromagnetischen und magnetischen Wirkungen. F. Neumann basierte das elektrodynamische Maßsystem<sup>8)</sup> auf den ponderomotorischen elektrodynamischen Wirkungen. Clausius ersetzte in den Weberschen Verfügungen die magnetischen Wirkungen durch die Ampèreschen Vorstellungen über den Magnetismus. Bei der Mannigfaltigkeit der elektrischen und magnetischen Wirkungen und bei der Möglichkeit die Begriffe in verschiedener Weise auf einander zurückzuführen und zu beziehen, sind auch noch andere Verfügungen denkbar.

Diese Mannigfaltigkeit der Verfügungen der Maßeinheiten und damit auch der Dimensionen kann nichts Überraschendes haben, wenn man sich den Unterschied klar macht, der zwischen dem wissenschaftlichen System der Mechanik in Verbindung mit dem mechanischen Maßsystem auf der einen Seite und zwischen dem wissenschaftlichen System der Elektrizität in Verbindung mit den elektrischen Maßsystemen auf der anderen Seite besteht. Von einer Conformität zwischen den elektrischen Theorien und den elektrischen Maßsystemen in dem Sinne, wie eine solche in der Mechanik vorliegt, wird um so weniger gesprochen werden können, als die Wahl der den elektrischen Theorien zu Grunde zu legenden Postulate in der Entwicklung der Disziplin mehrfach gewechselt hat, ja bis auf den heutigen Tag wohl eine strittige ist; jedenfalls gehen diese Postulate über die Postulate der Mechanik hinaus.

In der praktischen Mechanik erscheinen die der theoretischen Mechanik zu Grunde liegenden Hauptpostulate als Grundmaße mit besonders zählenden Dimensionen wieder. In der praktischen Elektrik erscheinen, wie in der praktischen Astronomie, Größen, die beim theoretischen Aufbau der Disziplin unzweifelhaft die Rolle von Postulaten spielen, als Rechnungsgrößen und damit als abgeleitete Maße ohne besonders neu zählende Dimensionen. Die daraus folgende Analogie der elektrischen Maßsysteme mit dem Gravitationsmaßsystem läßt sich noch weiter verfolgen, insofern in beiden Systemen die abgeleiteten fundamentalen Einheiten der Disziplin sich viel weniger genau feststellen lassen, als Größen derselben Art unter einander verglichen werden können. Die Genauigkeit, mit der die Masseneinheit für das Gravitationsmaßsystem bestimmt werden kann, steht in keinem Verhältnis zu der Genauigkeit, mit der Massen unter einander verglichen werden können — und wenn die Genauigkeit, mit der z. B. das Ohm als elektromagnetisches Widerstandsmaß durch Siemenseinheiten ausgedrückt wurde, eine erheblich größere ist, so ist doch auch hier hervorzuheben, daß sie jedenfalls geringer ist, als die Genauigkeit, mit der galvanische Widerstände unter einander praktisch verglichen werden können.

Wenn man nun vielleicht darum die elektrischen Maßsysteme als mechanische Maßsysteme bezeichnet hat, weil die geschickte Anwendung gewisser elektrischer Naturgesetze die Maße der elektrischen Größen auf die Maße der Mechanik zurückzuführen gestattet hat, so werden wir nach dem Vorhergehenden, um Mißverständnisse abzuschneiden, hervorzuheben haben, daß dieser Bezeichnung „mechanisches Maßsystem“ dann in Bezug auf die elektrischen Größen eine andere Bedeutung innewohnt, als in Bezug auf die mechanischen Größen. Hand in Hand damit geht, daß den Dimensionen der mechanischen Begriffe eine weitere Bedeutung untergelegt werden kann, als den Dimensionen der elektrischen Begriffe.

So wenig nach dieser Darlegung den Dimensionen der elektrischen Begriffe und ihrer Abweichung von einander in den verschiedenen elektrischen Maßsystemen eine tiefere theoretische Bedeutung beizulegen sein wird, so läßt sich dagegen der Thatsache, daß in dem Verhältnis der Dimensionen einer und derselben elektrischen Größe im elektrostatischen und im elektromagnetischen Maßsystem einfache Potenzen einer Geschwindigkeitsgröße (Maxwells kritische Geschwindigkeit) auftreten, doch wieder eine tiefere theoretische Bedeutung bei-

<sup>8)</sup> Abgesehen von einem Zahlenfaktor weist bekanntlich das elektrodynamische Maßsystem keinen Unterschied mit dem elektromagnetischen auf.

legen<sup>9)</sup>. Die Aufgabe der Theorien besteht eben mit darin, Ergebnissen der Forschung, die zunächst als merkwürdig erscheinen möchten, eine tiefere Deutung zu geben; in dieser Hinsicht hat z. B. die Maxwellsche Theorie die Deutung gegeben, daß es nur eine elektrische und nur eine magnetische Kraft giebt, daß die frühere Unterscheidung elektrostatischer, elektromagnetischer bzw. elektrodynamischer Kräfte nur auf gewisse Grenzfälle einer und derselben elektrischen Kraft Bezug hat, und daß das allgemeine Gesetz dieser elektrischen Kraft Maxwells kritische Geschwindigkeit als Constante der Natur in sich enthält. (Man vergleiche die Maxwell-Hertzschen Gleichungen.) Maxwell hat dann bekanntlich über diese Deutung hinaus auf der Thatsache, daß die kritische Geschwindigkeit mit der Lichtgeschwindigkeit identisch ist, die elektromagnetische Lichttheorie begründet.

## VI.

Ich stelle die Resultate meiner Betrachtungen in folgenden Sätzen zusammen:

1. Die theoretische Frage nach den postulierenden Grundbegriffen der physikalischen Systeme ist auseinander zu halten von den praktischen Fragen nach der Einführung der Einheiten der Maßsysteme und der Theorie ihrer Dimensionen, wenngleich die Herstellung einer gegenseitigen Beziehung als wünschenswerthes Ziel vorschweben mag.

2. In der Mechanik finden sich die theoretischen Forderungen, denen Postulate zu genügen haben, und die praktischen Forderungen der physikalischen Meßkunst z. B. durch das C.G.S.-System in Übereinstimmung gebracht.

3. Jede engere mechanische Disziplin, wie die praktische Astronomie, deren Grenzen durch das Gültigkeitsbereich eines speziellen Naturgesetzes — wie das Newtonsche Gravitationsgesetz — gegeben sind, gestattet durch eben dieses Naturgesetz praktisch eine Einschränkung der Grundmaße, ohne daß das tiefere theoretische Verständnis dadurch etwas gewinnt.

4. Die Systematisierung der elektrischen und magnetischen Erscheinungen erfordert die Hinzunahme neuer physikalischer Postulate, unabhängig von den speziellen elektrischen und magnetischen Naturgesetzen. Eben diese Naturgesetze gestatten aber auch hier praktisch eine Einschränkung der Grundmaße, ohne daß das tiefere theoretische Verständnis dadurch etwas gewinnt.

5. Auf der praktischen Verwertung spezieller Naturgesetze zur Reduktion der durch die physikalischen Postulate geforderten Grundmaße beruht die Möglichkeit mannigfaltigster Verfügungen und das Auftreten gebrochener Potenzen in den Dimensionen der elektrischen und magnetischen Begriffe. Den so entstandenen Dimensionen ist kein tieferer theoretischer Sinn beizulegen.

6. Maxwells kritischer Geschwindigkeit, welche in dem Verhältnis der elektrostatischen und elektromagnetischen Größen eine Rolle spielt, wird in der Maxwellschen Theorie insofern ein tieferer Sinn beigelegt, als diese Geschwindigkeit in den Maxwell-Hertzschen Grundgleichungen vorkommt, welche die Gesamtheit der elektrischen und magnetischen Erscheinungen begreifen wollen.

<sup>9)</sup> Hertz hat bekanntlich aus seinen Gleichungen im Gaußsschen Maßsystem die elektrostatischen und magnetischen Coulombschen Gesetze, die elektromagnetischen und elektrodynamischen Gesetze abgeleitet bzw. abzuleiten versucht. Im Gaußsschen Maße ergaben sich ihm (II, S. 244 und 246) die elektromagnetischen und elektrodynamischen Potentiale:

$$\psi = - A i \int \frac{d}{dn} dw \qquad V = - A^2 i i_1 \iint \frac{\cos \varepsilon}{r} ds ds_1,$$

worin  $A$  das reciproke von Maxwells kritischer Geschwindigkeit darstellt. In elektromagnetischem bzw. elektrodynamischem Maße wären bei der Ableitung aus den Hertzschen Gleichungen die Faktoren  $A$  bzw.  $A^2$  nicht aufgetreten. Die einheitliche Webersche Theorie (W. Webers Grundgesetz) kann in gleicher Weise herangezogen werden, um dem Auftreten der Potenzen der kritischen Geschwindigkeiten bei der Vergleichung der Dimensionen eine tiefere theoretische Deutung beizulegen.



## Einige einfache Apparate zur Demonstration des Kräfteparallelogramms, der schiefen Ebene und des Keils.

Von

Dr. M. Blasendorff in Berlin.

Der Satz vom Kräfteparallelogramm wird gewöhnlich dadurch nachgewiesen, daß das Gleichgewicht gezeigt wird zwischen den Kräften, welche nach Größe und Richtung den Seiten eines beliebig gewählten Parallelogramms und der in entgegengesetzter Richtung gezogenen Diagonale desselben entsprechen. Dieser Nachweis kann auch in anderer Weise geführt werden.

Legt man über 2 Rollen (s. Fig. 1) eine Schnur, deren linkes Ende das Gewicht  $p$  Gramm, deren rechtes das Gewicht  $q$  Gramm trägt, und hängt an dieselbe in einem Punkte  $A$  zwischen den Rollen ein Gewicht von  $r$  Gramm, so wird die Schnur in  $A$  so weit herabgezogen, bis Gleichgewicht besteht. Stellt man nun dicht hinter die Schnur eine Zeichentafel, zieht auf derselben von dem Punkte  $A$  aus eine senkrecht nach oben gerichtete Linie  $AB$  von einer Länge von  $r$  Einheiten, z. B. von einer Länge von  $r$  Halbcentimetern (hcm), ferner durch  $B$  Parallele zu den von  $A$  ausgehenden Schnurenden, welche die letzteren in  $D$  und  $E$  durchkreuzen, und zeigt, daß die Strecken  $AD$  und  $AE$   $p$  resp.  $q$  hcm lang sind, so hat man die Richtigkeit des Satzes vom Kräfteparallelogramm dargethan. Diese Art des Nachweises ist an sich sehr umständlich, da bei jeder Änderung der Kräfte das Kräfteparallelogramm immer von neuem gezeichnet werden muß. Die Bildung des Parallelogramms  $ADBE$  kann nun aber mehr oder weniger selbstthätig durch eine Vorrichtung ausgeführt werden, welche an Stelle der  $r$  Gramm an die Schnur gehängt und so beschwert wird, daß sie selbst ein Gewicht von  $r$  Gramm hat. Die einfachste Art einer solchen Vorrichtung ist wohl folgende.

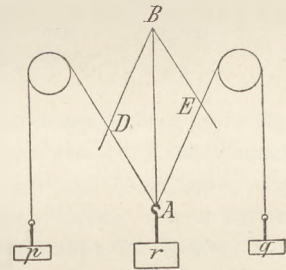


Fig. 1.

Durch das eine Ende eines Holzstabes von 1 cm Breite, 1—2 mm Dicke und 70—80 cm Länge ist ein Stift  $B$  (Fig. 2) geschlagen, welcher als Drehachse dient für 2 Schenkel, bestehend aus 1 cm breiten und ca. 70 cm langen, dünnen und möglichst leichten Holzstäben. Das über den Drehpunkt herausragende Ende eines der Schenkel ist mit dem anderen durch einen dünnen, elastischen Faden so verbunden, daß die beiden Schenkel, wenn kein Druck auf sie ausgeübt wird, eine zu einander senkrechte Lage haben. Jeder der 3 Stäbe ist vom Drehpunkte  $B$  aus nach hcm eingetheilt und von einer Hülse umschlossen, welche mit einem nach rückwärts gerichteten Stift oder Fortsatz versehen ist und auf dem Stabe verschoben werden kann. An Stelle der Hülsen können auch Stifte treten, welche durch die Stäbe in bestimmten Abständen, vielleicht von 5 zu 5 hcm, geschlagen werden. An dem unteren Ende des stärkeren Mittelstabes ist noch eine Vorrichtung angebracht zum Anhängen oder Auflegen von Gewichten. Wird nun dem Stift  $A$  der Hülse des Mittelstabes von  $B$  eine Entfernung von  $r$  hcm, den Stiften  $D$  und  $E$  der Schenkelhülsen von  $B$  eine Entfernung von  $q$  resp.  $p$  hcm gegeben, und der Apparat mit dem Stift  $A$  so auf die Schnur gesetzt, daß der Stift  $D$  links, der Stift  $E$  rechts von ihm gegen die Schnur zu liegen kommt, so bilden die beiden Schenkel und die von  $A$  ausgehenden Schnurenden das Kräfteparallelo-

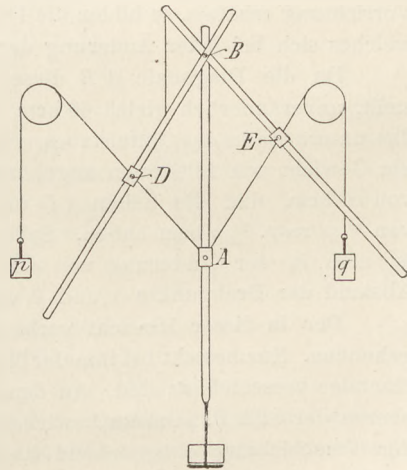


Fig. 2.

gramm  $ADBE$ , in welchem  $AD = BE = p$  hcm und  $AE = BD = q$  hcm ist. Dies ist jedoch nur der Fall, wenn der Druck, den die Schenkel resp. der elastische Faden durch die Stifte  $D$  und  $E$  gegen die Schnur ausüben, sehr gering ist, und wenn der Schwerpunkt des Apparates in der Mittellinie und so tief liegt, daß der Mittelstab sich lotrecht stellt. Bei jeder Änderung der Gewichte hat man nur nötig, die Hülsen entsprechend zu verschieben, um das Kräfteparallelogramm zu erhalten. Der Druck der Schnur gegen die Stifte  $D$  und  $E$ , welcher eine, wenn auch geringe, Ungenauigkeit der Einstellung bewirkt, ist ganz vermieden bei folgender Verbesserung der Vorrichtung.

Unter Fortlassung der Hülsen ist durch den Mittelstab ein zweiter Stift  $A$  geschlagen (Fig. 3), der von dem Stifte  $B$  eine Entfernung von  $r = 60$  hcm hat und als Drehachse für ein zweites Schenkelpaar dient. Jeder dieser unteren Schenkel besitzt eine von  $A$  ausgehende Teilung nach Halbcentimetern und ist mit dem über den Drehpunkt  $B$  herausragenden Ende des

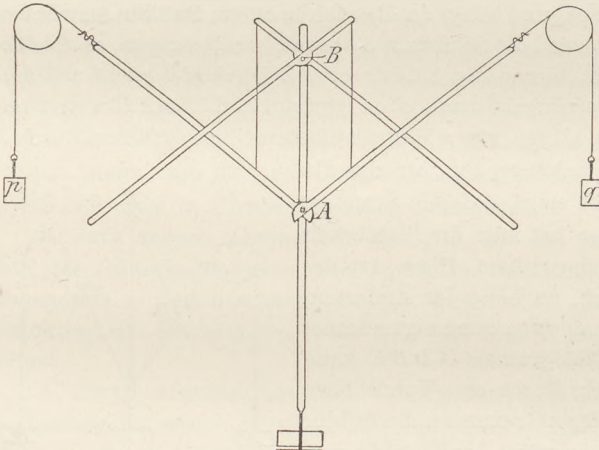


Fig. 3.

auf der anderen Seite befindlichen oberen Schenkels durch einen Faden derartig verbunden, dass beide Schenkel in jeder Lage parallel gerichtet bleiben. Dies wird dadurch erreicht, daß die Länge des Fadens zwischen den Schenkeln gleich dem Abstand der Drehpunkte  $A$  und  $B$  ist und daß die Befestigungspunkte eines Fadens von den betreffenden Drehpunkten gleichen Abstand haben. Die Schwere der Schenkel ist so abgeglichen, daß sie in jeder Lage das Gleichgewicht halten. Ferner ist der über  $A$  befindliche Teil so leicht gearbeitet, und die Beschwerung, durch welche der Apparat ein Ge-

wicht von  $r = 60$  Gramm erhält, am unteren Ende des Mittelstabes so angebracht, daß sich derselbe lotrecht stellt, nachdem er mit dem hinten herausragenden Ende des Stiftes  $A$  auf die Schnur gesetzt ist. Werden noch die unteren Schenkel in die Richtung der von  $A$  ausgehenden Schnurenden gebracht und in dieser Lage durch eine an ihren Enden angebrachte Vorrichtung erhalten, so bilden die 4 Schenkel das Kräfteparallelogramm  $ADBE$  (vergl. Fig. 2), welches sich bei jeder Änderung der Kräfte  $p$  und  $q$  von selbst einstellt.

Da die Diagonale  $AB$  dieses Parallelogramms, welches die Größe der Kraft  $r$  darstellt, unveränderlich gleich 60 hcm ist, so sind, wenn durch Anhängen von Gewichten an das untere Ende des Mittelstabes  $r$  vergrößert wird, Umrechnungen erforderlich. Wird z. B. ein Gewicht von 20 Gramm angehängt, so ist  $r = 80$  Gramm dargestellt durch eine Strecke von 60 hcm, und die Seiten  $AD$  und  $AE$  des Parallelogramms werden daher eine Länge von  $\frac{3}{4}p$  resp.  $\frac{3}{4}q$  hcm haben. Sollen die Umrechnungen nicht zu unständig werden, so ist man in der Änderung von  $r$  ziemlich beschränkt, und daher war es erforderlich, den Abstand der Drehpunkte  $A$  und  $B$  veränderlich zu machen.

Der in dieser Hinsicht verbesserte Apparat hat im ganzen die Gestalt des vorhergehenden. Nur besteht bei ihm der Mittelstab aus 2 Teilen, welche in der Längsrichtung gegen einander verschiebbar sind. An dem unteren Teile befindet sich der Stift  $A$  (Fig. 4), an dem oberen der Stift  $B$ . Um zu bewirken, daß die Fadenlänge zwischen den Schenkeln sich bei der Verschiebung entsprechend ändert, ist der Faden nicht an den Schenkeln befestigt, sondern es befinden sich an den Stellen der Befestigungspunkte kleine Stifte in den Schenkeln, über welche der Faden geführt ist, um einerseits um den Stift  $B$  herum zu einem festen Punkte des oberen Teils des Mittelstabes, andererseits über den Stift  $A$  zu einem kleinen Wirbel zu gehen, der mit dem oberen Teile in festem Zusammenhange steht. Die Wirbel

dienen zur Regulierung der Fadenlänge. Außerdem ist noch an einem der unteren Schenkel ein geteilter Kreisring angebracht, dessen Mittelpunkt mit dem Drehpunkt  $A$  zusammenfallen würde, um die Winkel ablesen zu können, welche die unteren Schenkel mit einander und mit dem Mittelstabe bilden. Dadurch wird es möglich, die Aufgabe von der Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften in einfacher Weise zu lösen. Sollen z. B. die Kräfte  $p$  und  $q$  unter einem bestimmten Winkel in  $A$  angreifen, so wird die Vorrichtung am Stifte  $A$  so bewegt, daß die unteren Schenkel diese Winkel bilden. Zugleich wird der obere Teil des Mittelstabes so gegen den unteren verschoben, daß die Seite  $AD$  des Parallelogramms  $p$  cm lang wird; dann giebt die Diagonale  $AB$  die Größe der resultierenden Kraft  $r$  an. Soll umgekehrt die Kraft  $r$  in die Komponenten  $p$  und  $q$  zerlegt werden, welche mit ihr bestimmte Winkel bilden, so ist zunächst  $AB=r$  cm zu machen und dann am Stifte  $A$  die Vorrichtung so zu verschieben, daß der Mittelstab mit den unteren Schenkeln die vorgeschriebenen Winkel bildet. Die Seiten  $AD$  und  $AE$  des Parallelogramms geben dann die Größe der Komponenten  $p$  und  $q$  an. Werden in beiden Fällen die Gewichte den Ablesungen entsprechend gewählt, so stellt sich der Apparat von selbst in diejenige Lage ein, welche ihm vorher durch Bewegung am Stifte  $A$  gegeben worden war.

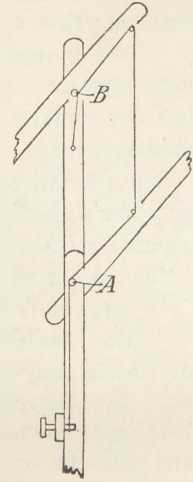


Fig. 4.

Die Gesetze der schiefen Ebene, welche eine Folge des Satzes vom Kräfteparallelogramm sind, lassen sich auch als eine solche zur Anschauung bringen.

Aus dem Kräfteparallelogramm folgt, daß die Seiten eines Dreiecks Größe und Richtung dreier im Gleichgewicht befindlichen Kräfte angeben. Hat man also ein Kräftedreieck  $ABC$ , in welchem die Seiten  $AB$ ,  $BC$  und  $CA$  eine Länge von  $p$ ,  $r$  und  $q$  cm haben und die Seite  $BC$  senkrecht abwärts gerichtet ist, wirken ferner an den Enden von 3 Fäden, welche mit ihren anderen Enden zu einem Knoten  $D$ , dem Angriffspunkte der Kräfte, vereinigt sind, die Kräfte  $p$ ,  $r$  und  $q$  Gramm, ist der erste Faden über eine feste, der dritte über eine lose Rolle gelegt und wirkt an dem zweiten die Kraft  $r$  Gramm senkrecht nach unten, so werden der erste und dritte Faden sich immer parallel zu den Seiten  $AB$  und  $CA$  des Dreiecks einstellen, wie man auch die lose Rolle in der durch die Fäden angegebenen Vertikalebene bewegen mag.

Für diesen Versuch ist Rad und Gestell der Atwoodschen Fallmaschine gut verwendbar, wenn an dem Lagergestell des Rades eine Art Führung für das verstellbare Kräftedreieck angebracht ist. Das Rad dient als feste Rolle, und auf der Führung ruht mit der Seite  $BA$  (Fig. 5) das aus 3 in cm eingeteilten Stäben gebildete Dreieck  $ABC$ . Damit der die Seite  $BC$  bildende Stab stets in senkrechter Lage verbleibt, ist an dem unteren Ende desselben ein kleiner Querstab von entsprechender Länge befestigt, welcher durch das Übergewicht der anderen Stäbe gegen das Gestell der Maschine gedrückt wird. Die Führung kann so angebracht sein, daß bei langsamer Bewegung der losen Rolle der Angriffspunkt  $D$  resp., bei genügender Kürze des zweiten Fadens, das Gewicht  $r$  Gramm auf der Seite  $BA$  entlang zu gleiten scheint.

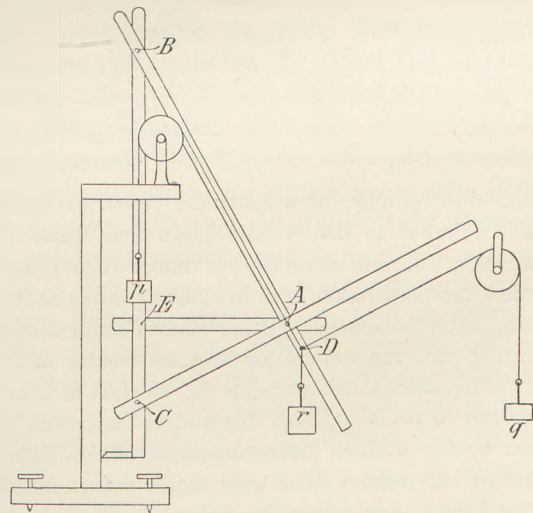


Fig. 5.

Wird nun ein rechtwinkliges Kräftedreieck mit dem rechten Winkel bei  $A$  gewählt, so kann man die Seite  $AB$  desselben als eine schiefe Ebene ansehen, auf welcher die Last  $r$

ruht;  $p$  ist dann die Kraft, welche parallel zur schiefen Ebene wirkt, und  $q$  ist die Kraft, welche gleiche GröÙe mit dem Druck hat, aber in entgegengesetzter Richtung wirkend, diesen Druck aufhebt. Befestigt man in  $A$  einen vierten Stab horizontal, welcher die Richtung  $BC$  in  $E$  durchkreuzt, so stellt das Dreieck  $BAE$  den Querschnitt der schiefen Ebene dar, und aus der Ähnlichkeit der Dreiecke  $BAC$  und  $BAE$  folgt sogleich, daß sich die Kraft zur Last verhält wie die Höhe zur Länge der schiefen Ebene.

Wählt man dagegen den rechten Winkel bei  $C$ , giebt dem bei  $A$  befindlichen vierten Stabe eine zu  $AB$  senkrechte Richtung und befestigt die lose Rolle so an einem Gestell, daß der Punkt  $D$  vor  $A$  zu liegen kommt, so kann der vierte Stab als die schiefe Ebene angesehen werden, auf welcher die Last  $r$  ruht;  $q$  ist dann die horizontal wirkende Kraft, und  $p$  ist die Kraft, welche den Druck aufhebt, den Last und horizontal wirkende Kraft senkrecht zur schiefen Ebene ausüben. Befestigt man in einem Punkte  $E$  des vierten Stabes die Schnur eines Senklotes, welches die Richtung  $CA$  in  $F$  durchkreuzen möge, so stellt das Dreieck  $EFA$  den Querschnitt der schiefen Ebene dar. Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke  $ABC$  und  $EFA$  folgt, daß sich die Kraft zur Last verhält wie die Höhe zur Basis der schiefen Ebene.

Die Gesetze des Keils lassen sich durch folgenden sehr einfachen Apparat (Fig. 6) zur Anschauung bringen.

Zwei Holzstäbe von 1 cm Breite, 1 mm Dicke und ca. 32 cm Länge sind an dem unteren Ende nach Aufleimen einer Verstärkung durchbohrt, und durch die Durchbohrung ist ein Stift gesteckt, um sie drehbar mit einander zu verbinden. An dem oberen Ende der Stäbe sind durch teilweises Aufleimen von ca. 5 cm langen, gleichstarken Stäbchen Gabeln gebildet, in welche ein dritter querliegender Stab von gleicher Stärke und ca. 24 cm Länge eingeklemmt ist, so daß

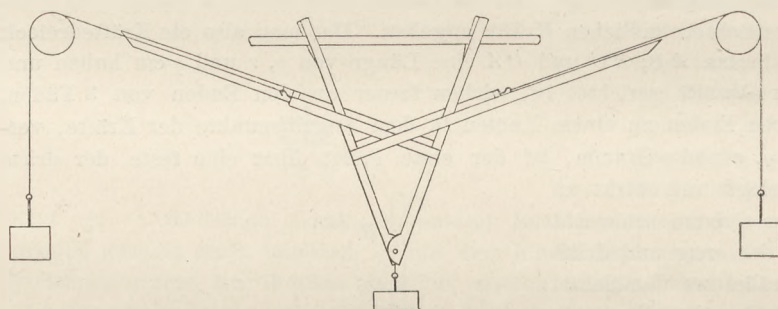


Fig. 6.

die drei Stäbe einen Keil bilden. Die Innenkanten der Gabelstäbe schneiden sich im Drehpunkte, und der Abstand des Drehpunktes von der Innenkante des eingeklemmten Querstabes beträgt grade 30 cm. Dieser Querstab be-

sitzt eine Teilung, bei welcher die Teilstriche 3 mm von einander abstehen. Durch Verschieben dieses Stabes in den Gabeln kann dem Rücken des Keils eine verschiedene Länge gegeben werden, während seine Seiten immer eine Länge von 100 Einheiten haben. Ungefähr in der Mitte der Gabelstäbe sind in einer zu ihnen senkrechten, dem anderen Stabe zugekehrten Richtung nach Zwischenschaltung einer Verstärkung dünne Holzstäbchen von verschiedener Länge aufgeleimt, von denen der kürzere wieder mit dem längeren nach Einschaltung eines kleinen Zwischenstücks fest verleimt ist, so daß sich zwischen beiden Stäbchen eine Rinne befindet, welche so breit ist, daß der andere Stab sich frei in derselben bewegen kann. An jedem der beiden kleinen Zwischenstücke ist ein Häkchen angebracht, an welchem die Schnur befestigt ist, welche über eine Rolle gelegt und durch ein Gewicht von 100 g gespannt wird. Der Druck, der gegen die Seiten des Keils ausgeübt werden soll, ist auf diese Weise durch einen im gleichen Sinne wirkenden Zug ersetzt. Die Verdoppelung der senkrecht aufgeleimten Stäbchen ist notwendig, damit die drehende Wirkung der Zugkräfte aufgehoben wird. Die längeren Stäbchen dienen vom Häkchen ab als Zeiger für die Richtung der Schnur. Der Druck auf den Rücken des Keils wird ersetzt durch einen nach unten wirkenden Zug, welcher zum Teil durch das Gewicht des Keils selbst, zum Teil durch die Gewichte ausgeübt wird, welche an den die Spitze des Keils bildenden Stift gehängt werden. Jedemal wenn sich dieser Zug zu dem auf die Seiten ausgeübten Zug von 100 g verhält wie der

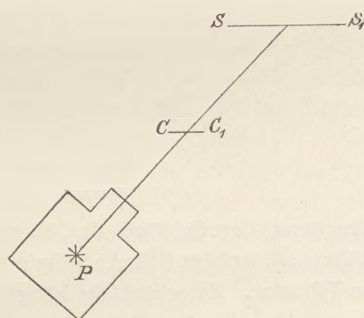
Rücken zur Seite des Keils, befinden sich die Schnüre in der Richtung, welche die als Zeiger dienenden Stäbchen angeben. Ist der Druck geringer, so befinden sie sich unterhalb, ist er größer, oberhalb dieser Richtung.

## Kleine Mitteilungen.

### Objektive Darstellung der Fluoreszenzfarben.

Von Dr. H. Wartlich in Cassel.

Die Farben fluoreszierender Flüssigkeiten lassen sich objektiv mit Hilfe eines Projektionsapparates nebeneinander in folgender Weise demonstrieren. Man ordnet (s. Fig.) Projektionsapparat ( $P$ ), planparallele Cüvette ( $C C_1$ ) mit fluoreszierender Flüssigkeit und Schirm ( $SS_1$ ) in der Weise an, daß man Cüvette und Schirm unter einem Winkel von ungefähr  $45^\circ$  gegen das parallele Strahlenbündel des Condensors geneigt aufstellt. Das parallele Lichtbündel bringt alsdann, indem es auf die vordere Seite der Flüssigkeit in der Cüvette fällt, die eine Farbe in scharfumschriebener Fläche zur Erscheinung. Das Lichtbündel geht aber gleichzeitig durch die Flüssigkeit hindurch und projiziert auf den hinten stehenden Schirm die zweite Fluoreszenzfarbe.



Man sieht daher beide Farben nebeneinander, allerdings nicht in einer Ebene. Es muß dafür Sorge getragen werden, daß der Projektionsschirm in entsprechender Entfernung hinter der Cüvette zu stehen kommt. Ich habe mich dieser Anordnung vor vier Jahren bei Vorträgen über Röntgenstrahlen zuerst und zwar mit bestem Erfolg bedient. Die bei Anwendung eines größeren Projektionsapparates, — der Condensor meines Apparates mit Schuckert-scher Lampe hatte 18 cm Durchmesser, — nötigen großen Cüvetten mit planparallelen Flächen stellt man sich am einfachsten dadurch her, daß man zwischen zwei genügend starke quadratische Glasplatten von 30—40 cm Seitenkante nahe am Rande an drei Seiten einen starkwandigen Gummischlauch von 15—20 mm Durchmesser herlegt, so daß die nach oben kommende Seite offen bleibt und als Einfüllöffnung dient. Mit mehreren kräftigen Quetschhähnen oder photographischen Klammern preßt man die beiden Glasplatten mit dem Gummischlauch fest zusammen. Das Einfüllen der fluoreszierenden Lösungen geschieht mittels Trichters, dessen Rohr leicht in den Zwischenraum der Glasplatten eingeführt werden kann. Eine solche Cüvette läßt sich mit Hilfe zweier Bunsen-gestelle aufstellen, mit dem Heber entleeren, auseinandernehmen und dann leicht reinigen. Bei ätherischen und benzolischen Lösungen ist es wegen der starken Verdunstung und der großen Feuergefahr der Lösungsmittel rathsam, den Gummischlauch so lang zu nehmen, daß er auch die obere Seite der Cüvette völlig schließt. Man klemmt denselben bis auf ein kleines Endstück, das nach oben ragend stehen bleibt, ein und benutzt die freibleibende Öffnung zum Einfüllen. Nachdem dies geschehen, preßt man auch das noch nach aufsen ragende Ende des Schlauches zwischen die Platten und schließt auf diese Weise die Cüvette vollständig.

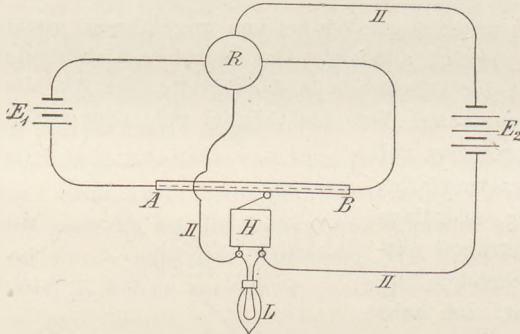
### Über die Anwendung einer Glühlampe zur Demonstration der Hertz-schen und Marconischen Versuche.

Von Victor Biernacki in Warschau.

Die bisher benutzten Methoden zur Demonstration dieser Versuche, nämlich mittelst eines Galvanometers, einer elektrischen Klingel oder auch eines Morsesehen Schreibapparates sind nicht immer bequem. Will man durch Benutzung eines elektromagnetischen Hammers, der unmittelbar oder vermittelt eines Relais in den Kreis des Cohärers eingeschlossen ist, die Notwendigkeit der jedesmaligen Erschütterung des letzteren vermeiden, so ist ein Galvanometer

nicht mehr anwendbar. Will man andererseits alle Apparate, den Vibrator, der die Wellen aussendet, und den Empfänger mit dem Cohärer gleichzeitig in einem Hörsaale demonstrieren, so übertäubt der Knall der Funken den Klang der Klingel; und die Zeichen des Morseschen Schreibapparates sind nicht allen Zuhörern gleichzeitig sichtbar.

In der letzten Zeit benutze ich zur Darstellung der genannten Versuche eine kleine Glühlampe, die ich in den Kreis des Cohärens, wie aus der Zeichnung ersichtlich, einschalte.  $AB$  bedeutet eine Röhre mit Feilspänen in der Brennlinie des sekundären Hertzschen Spiegels oder den Cohärer in der Empfangstation nach Marconi.  $AB$  ist in einen Kreis mit der Batterie  $E_1$  und Relais  $R$  verbunden. Bei der Verminderung des Widerstandes von  $AB$  unter dem Einflusse der elektrischen Wellen, schließt Relais den Kreis  $II$ , der aus der Batterie  $E_2$  und einem elektromagnetischen Hammer  $H$  besteht; die Glühlampe  $L$  ist parallel mit dem Hammer



verbunden. Ich benutze eine kleine 4-Volt-Glühlampe; die Batterie  $E_2$  besteht aus 3 Akkumulatoren. So lange die elektrischen Wellen  $AB$  treffen, schlägt der Hammer  $H$ , und die Glühlampe leuchtet flimmernd. Bringt man den Vibrator zur Ruhe, so stellt der letzte Schlag des Hammers  $H$  den ursprünglichen großen Widerstand der Röhre wieder her, der Strom im Kreise  $II$  wird unterbrochen, und die Glühlampe erlischt. Bei genügender Regelmäßigkeit der Funken im Vibrator, genügend großer

Frequenz der Schläge des Hammers  $H$  und passender Orientierung desselben gegen die Röhre  $AB$ , erfolgt das Aufblitzen des Lichtes in der Glühlampe gleichzeitig mit den Funken im Vibrator. Zweckmäßig hängt man dazu die Röhre mittels metallischer Spiralfedern, die sie mit dem Kreise  $II$  verbinden, auf.

Ich finde die von mir in *Wied. Ann.* 1895, Bd. 55, 599 beschriebene Anordnung mit gewöhnlichem Vibrator nach Hertz zur Darstellung der Spiegelversuche viel zweckmäßiger als die in manchen Preislisten beschriebene Anordnung mit dem Vibrator nach Righi. Ebenso wende ich im sekundären Spiegel immer eine ziemlich lange Röhre mit Kupferspänen, die gewiß nicht so empfindlich wie andere Cohärer ist, dagegen gestattet sie alle Eigenschaften der elektrischen Strahlen viel reiner und anschaulicher zu demonstrieren. Die Anwendung eines energischen Vibrators und eines empfindlicheren Resonators erfordert viele Vorsichtsmaßregeln zur Vermeidung einer unmittelbaren Wirkung der Wellen auf die Teile des sekundären Kreises, die außerhalb des sekundären Spiegels liegen, wodurch die jedesmalige Anordnung der Versuche sehr umständlich wird.

Bei Anwendung einer solchen Röhre mit Kupferspänen bestand bei mir die Batterie  $E_1$  aus 1 bis 2 Akkumulatoren; beim Cohärer nach Marconi genügt ein Trockenelement.

Unter Anwendung der dargelegten Anordnung gelingen alle bekannten Versuche über Reflexion, Polarisierung, Brechung u. s. w. der elektrischen Strahlen leicht und sicher. Es sei mir gestattet, noch einen sehr sicheren und anschaulichen Versuch der Beugung elektrischer Strahlen zu beschreiben. Man bedeckt die Öffnung des primären Spiegels mit einem Zinkschirm mit passender Öffnung. (Bei meinen Versuchen mit Spiegeln von 92 cm Länge, 80 cm Breite und 12 cm Brennweite, bestand der Vibrator aus zwei Messingröhren von 9 cm Länge, 3 cm Durchmesser, mit Messingkugeln von 4 cm Durchmesser an den zugekehrten Enden; die Brennlinien beider Spiegel waren horizontal; die Öffnung im Zinkschirm war 50 cm lang und 25 cm breit<sup>1)</sup>). Bei passender Entfernung beider Spiegel von einander (bei meinen Versuchen ca. 6 m) war die Wirkung der von dem Vibrator ausgehenden Wellen auf den sekundären Spiegel nicht bemerkbar: dorthin trifft der „dunkle Streifen“. Stellt man aber

<sup>1)</sup> Diese sehr zweckmäßig konstruierten Spiegel erhielt ich von der Firma Leybolds Nachfolger in Köln a. Rh.

ungefähr in die Mitte zwischen beiden Spiegeln ein Zinkblech mit seiner Ebene horizontal in passender Entfernung oberhalb oder unterhalb der Horizontalebene, die durch die Achsen beider Spiegel hindurchgeht, so fallen die Strahlen, die einen „hellen Streifen“ geben, in den sekundären Spiegel: die Glühlampe leuchtet in diesem Falle fast ebenso hell, wie bei unmittelbarer Wirkung des primären Spiegels auf den sekundären. Letzteres kann man auch erreichen, wenn man ein Prisma (z. B. ein Pechprisma) einschaltet, welches mit dem brechenden Winkel nach oben oder nach unten gerichtet ist. Selbstverständlich ist dann der Versuch nicht so leicht als der oben beschriebene ausführbar, weil die Entfernung des sekundären Spiegels dem brechenden Winkel des Prismas (und dem Brechungsexponenten desselben) und dem Beugungswinkel des ersten gebeugten „hellen Streifens“ angepaßt werden muß.

### Nachweis vagabondierender Ströme.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

In unserer Zeit der an Zahl und Ausdehnung beständig zunehmenden Starkstromleitungen werden die Nachteile immer häufiger empfunden, welche das Auftreten umherirrender Ströme mit sich bringt. Die von den Schienen der elektrischen Straßbahnen auch bei Anwendung besonderer Rückleitungskabel sich abzweigenden Ströme beeinflussen feine elektrische und magnetische Apparate auf das empfindlichste. Während es gelungen ist, Apparate für rein physikalische Forschungen so zu construieren, daß sie von den Störungen durch die Bahnen mehr oder weniger unabhängig sind, vermögen Observatorien zur Beobachtung des Erdmagnetismus ihren Aufgaben teilweise nicht mehr zu genügen (vergl. den äußerst lehrreichen Vortrag von W. von Bezold, Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, 1899, No. 17; Prometheus, 1899, No. 513 und 514). Außerdem sind die Störungen bekannt, welche Fernsprechanlagen durch „vagabondierende“ Ströme, sowie durch Induktion in ihren Leitungen erfahren; auch „Erosionen“ an eisernen Rohrleitungen, die in der Nähe der Schienen verlaufen, sollen vielfach beobachtet sein.

Der physikalische Unterricht wird wohl einen Hinweis auf diese unangenehmen Seiten der Starkströme nicht ablehnen wollen, indessen hat er keine Veranlassung, zum Nachweis etwaiger vagabondierender Ströme im Umkreise der Schule die Aufstellung eines genügend empfindlichen Apparates vorzunehmen. Nun wird es aber manchem Collegen so wie dem Verfasser gehen, der die Beobachtung machte, daß vagabondierende Ströme in nicht unbedeutender Stärke unmittelbar am Experimentiertisch sich einstellen und daß man dieselben zu einigen anregenden Versuchen sehr leicht benutzen kann.

Der Verfasser versieht die Wasser- sowie die Gasleitung des Tisches mit je einer Drahtleitung, führt diese zu der Verzweigungsvorrichtung des Spiegelgalvanometers und beobachtet, wenn nur  $\frac{1}{100}$  der Stromstärke durch das Galvanometer geht, eine bis an die Skalengrenze gehende Ablenkung des Lichtzeigers. In gleicher Weise läßt sich natürlich jeder andere empfindliche Stromanzeiger gebrauchen. Zu bemerken ist, daß die Nadel des Galvanometers zwar stets nach derselben Seite abgelenkt wird, daß aber die Größe der Ablenkung fortwährend schwankt. Insbesondere machte sich der Einfluß der im Abstände von 450 m von der Beobachtungsstelle (Physikzimmer des Königl. Kadettenkorps) fahrenden Straßbahnwagen geltend. In regelmäßigen Zwischenräumen stieg die Stromstärke etwa auf den doppelten Wert, um öfters plötzlich wieder abzunehmen, offenbar infolge der Ausschaltung des Stromes an Haltestellen und Kurven. Auch wenn auf der in der Nähe befindlichen Bahnstrecke kein Wagen in Bewegung sein konnte, und der nächste Wagen derselben oder anderer Linien etwa 1200 m entfernt war, blieb die Nadel des Galvanometers fortwährend unregelmäßigen, wenngleich weniger starken Schwankungen unterworfen.

Über die Richtung des Stromes ist zu bemerken, daß stets die Wasserleitung als positiver Pol erscheint. Die Drähte der oberirdischen Zuleitung der hiesigen Straßbahnen sind mit dem positiven Maschinenpol verbunden, und die Wasserleitung nimmt die von den Schienen sich abzweigenden Ströme in höherem Maße auf, als dies seitens der Gasleitung

geschieht. Die Ursachen hiervon sind nicht mit Bestimmtheit anzugeben. Die Röhren der Wasserleitung liegen stellenweise den Schienen näher als diejenigen der Gasleitung, doch ist in dem Stadtteil auch das umgekehrte Lagenverhältnis vorhanden. Ein ziemlich großer Teil der Gasröhren der Umgebung befindet sich in einem Gebiete, welches keine Strafsenbahn besitzt, so daß möglicherweise die Ströme der Gasleitung besser in der Erde verschwinden können, als die des andern Rohrsystems. Von Bedeutung mag auch der wechselnde, aber im allgemeinen in der Wasserleitung größere Querschnitt der Röhren sein, endlich vielleicht auch der Umstand, daß an manchen undichten Stellen das unter starkem Drucke stehende Wasser die Umgebung feuchter erhält, als das um die Gasleitungen vorhandene Erdreich ist. Näheren Aufschluß werden wohl Beobachtungen gewähren, die längere Zeit unter Berücksichtigung der Durchfeuchtung des Erdbodens durch Regen und an verschiedenen Orten gemacht werden. Die bereits oben erwähnten „Erosionen“ der Wasserleitung durch vagabondierende Ströme werden jedenfalls auch städtische und andere Behörden nötigen, den in unterirdischen Rohrleitungen verlaufenden Strömen ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden. Im Abstände von wenigen Metern mag die Stärke der zu den Röhren gelangenden Ströme recht bedeutend sein, trotzdem daß zur besseren Rückleitung des Hauptstromes die Schienen jeder „Stromzuführungsstrecke“ mit einem besonderen Rückleitungskabel verbunden sind. Die vom Verfasser beobachteten Ströme in den Rohrleitungen sind wegen des Widerstandes des Rückleitungskabels jedenfalls um so stärker, je größer die Entfernung der elektrischen Kraftstation ist; in gleichem Maße dürften die nachteiligen Einflüsse vagabondierender Ströme mit der Länge des Rückleitungskabels zunehmen.

Die Stärke der zwischen den Tischleitungen beobachteten Ströme ist von dem Widerstande des eingeschalteten Apparates abhängig. Zur Vornahme von Messungen wurden die Leitungen durch Widerstände von 0,1 bis 2 Ohm geschlossen und parallel dazu das Galvanometer (mit Zuleitungen gleich 1,04 Ohm) nebst Widerständen von 20–100 Ohm geschaltet. Die kleinsten Werte hatten die Ströme, als infolge mehrtägigen strengen Frostes das Erdreich gefroren war. Dann schwankten die Werte der Stromstärke bei Einschaltung von 1 Ohm um 0,0006 A., bei Einschaltung von 0,1 Ohm um 0,002 A. An wärmeren Tagen war die Stromstärke beim Schließen durch 0,1 Ohm auf 0,003 A. gestiegen. Durch Verbindung einer dritten Erdleitung (Blitzableiter), welche in größerem Abstände von der Strafsenbahn in die Erde führt, mit der Wasserleitung würden wohl noch etwas stärkere Ströme nachweisen sein.

Der mitgeteilte einfache Nachweis vagabondierender Ströme ist natürlich dann unausführbar, wenn zufällig ein Kurzschluß der Leitungen besteht. Man darf denselben aber wohl als ganz seltenen Ausnahmefall betrachten. Würde eine Stelle sehr guter metallischer Verbindung der Leitungen in der Nähe vorhanden sein, so könnte er durch eine Widerstandsmessung bemerkt werden.

Um hierfür einen Anhalt zu geben, sei mitgeteilt, daß die Einschaltung der beiden Leitungen an der Beobachtungsstätte des Verfassers in einen Stromkreis einen Widerstand von 0,284 Ohm einführt. Macht man den etwas bedenklichen Vergleich der Röhren als Stromquelle mit einem Element von 0,284 Ohm innerem Widerstande, so findet man unter Benutzung der oben angeführten ungefähren Stromstärkemessungen aus der Gleichung  $e : (0,284 + 1) = 0,0006$  für die Potentialdifferenz  $e$  der Röhren den Wert 0,00077 Volt. Derselbe wäre hiernach ungefähr von der Größe der elektromotorischen Kraft eines Kupfer-Wismuth-Thermoelementes bei 13° Temperaturunterschied der Lötstellen. Aus  $e : 0,284$  ergibt sich der größte Wert für die Stromstärke des Gas-Wasserleitungsstromes zu 0,0027 A.

Bei der außerordentlichen Empfindlichkeit des Telephons (nach Brough ist ein Strom von  $10^{-9}$  A. zur hörbaren Wirkung genügend; es ist 200mal empfindlicher als ein Froschschenkelpräparat) kann man natürlich auch mit diesem die vagabondierenden Ströme nachweisen, indem man es unter Zwischenschaltung eines Stromschlüssel mit den Leitungen verbindet. Wegen des sehr bedeutenden Widerstandes der Telephonspule ist das Knicken beim Stromschluß jedoch sehr leise und von dem Detail der Ströme beim Fahren eines Bahn-



wagens ist nicht viel zu hören. Man verbindet daher besser die Tischleitungen mit der primären Spule eines kleinen Induktionsapparates und das Telephon mit den Enden der sekundären; am einfachsten nimmt man ein mit dem kleinen Induktor versehenes Mikrophon selbst zu Hilfe. Man kann alsdann den ganzen elektrischen Verkehr in der Nähe sehr hübsch abhören und ein größerer Abstand des Physikzimmers von der Bahn ist nur angenehm, da die Geräusche der Wagen dann nicht mehr durch die Luft übertragen werden. Deutlich vernimmt man das Sausen der Motoren, das beim Abstellen des Stromes vor der Haltestelle plötzlich verschwindet, einen kräftigen Stromstoß beim Anfahren und den langsam höher werdenden Ton der sich wieder in Bewegung setzenden Motoren.

Werden Gas- und Wasserleitung an einem zweiten, nicht zu weit entfernten Beobachtungsorte durch einen geringen Widerstand geschlossen, so kann man dies mit Induktor und Telephon am ersten Orte bemerken. Man kann darauf eine Art Signalverkehr ohne Leitungsdraht gründen und mit Hilfe des Morsealphabets Nachrichten übermitteln, indem zwei schnell aufeinander folgende Stromschlüsse für einen Strich genommen werden. Freunde spiritistischer Versuche können vielleicht von dieser Anregung Gebrauch machen.

### Demonstration der Resonanz an zwei gleichen Pendeln.

Von E. Grimschl in Cuxhaven.

An der Zimmerdecke oder an einem geeigneten festen Stativ werden zwei schwere Fadenpendel von gleicher, etwa 2 m betragender Länge in einer Entfernung von 20 cm von einander befestigt, die aus einem Bindfaden mit daran gehängten 2 kg schweren Gewichtsstücken bestehen. In halber Höhe der Bindfäden sind Ösen in dieselben geknüpft. Hängt man nun in die Ösen mittels kleiner Haken eine Gummischnur von 30 cm Länge, so bringt das eine Pendel das andere zum Mitschwingen, wenn man das erste in Schwingungen versetzt, deren Ebene senkrecht zu derjenigen Ebene steht, die durch die gemeinsame Ruhelage der Pendel geht. Bei kleiner Amplitude der Schwingungen schwingen nach ungefähr 10 Schwingungen beide Pendel gleich weit und behalten ihre Amplitude bei. Bei großer Amplitude werden die Schwingungen des ersten Pendels allmählich immer kleiner, und nach etwa 20 Schwingungen kommt das erste Pendel zur Ruhe, während das zweite Pendel seine größte Amplitude erhält. Nun versetzt wieder das zweite Pendel das erste in Schwingungen und verliert dabei selbst an Schwingungsweite. Dieser Vorgang wiederholt sich in derselben Weise mehrere Male, ohne daß es nötig wäre, einen erneuten Anstoß zu geben.



Der erste Versuch ist geeignet, um zu demonstrieren, daß zur Erzeugung der Resonanz bei den Schwingungen ein die Schwingungen übertragendes Medium (die Gummischnur) erforderlich ist. Der zweite Versuch dient zur Erklärung der Erscheinung, daß bei zwei auf dasselbe Monochord gespannten und unisono gestimmten Saiten abwechselnd die eine Saite ihre größte Amplitude erhält, während die andere zur Ruhe kommt (vergl. d. Ztschr. I 255).

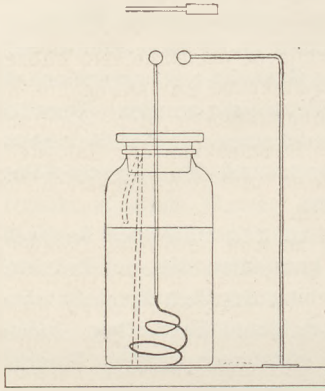
### Resonanz bei Entladung Leydener Flaschen.

Von E. Grimschl in Cuxhaven.

Zur Demonstration des bekannten Versuches von Lodge verwendet man gewöhnlich zwei nur für diesen Versuch dienende und geeignete Leydener Flaschen, die mit den zur selbständigen Entladung dienenden Vorrichtungen fest verbunden sind. Durch eine einfache Modifikation der Anordnung läßt sich jedoch erreichen, daß die Leydener Flaschen nur vorübergehend mit diesen Vorrichtungen verbunden sind und daher auch zu anderen Versuchen geeignet bleiben.

Auf ein mit Stanniol beklebtes passendes Brett wird ein rechtwinklig gebogener, in eine Kugel endigender Messingdraht geschraubt, dessen Kugel sich in derselben Höhe befindet, wie die Kugel der auf demselben Brette stehenden Leydener Flasche. Verwendet man zwei gleiche derartige Vorrichtungen, so stellt man bei dem einen Apparat die Flasche in etwa 1 cm Entfernung vom Entladerknopfe auf. Die andere Flasche wird bis zur Berührung

ihrer Kugel mit der Kugel des Entladers gebracht. In diese Flasche wird ein Stanniolstreifen gehängt, dessen äußeres Ende an der Außenseite der Flasche bis auf ungefähr 0,5 mm Entfernung vom oberen Rande der äußeren Belegung herabhängt. Bei dieser Anordnung springt genau so gut, wie bei dem zu dem speziellen Zweck hergestellten Apparate ein Funke über, wenn bei der ersten Flasche ein Funken zwischen den Kugeln überspringt. Um zu zeigen, daß nur bei gleicher Beschaffenheit der Entladevorrichtungen Resonanz eintritt, schaltet man bei der einen Flasche ein Stück Messingdraht ein, das an einem Ende ein kurzes Messingrohr hat, das über den Entladendraht geschoben werden kann, während auf das andere Ende die Entladekugel wieder aufgesetzt ist. Hierdurch wird der Entladeweg um dieses Stück verlängert. Die Resonanz hört nun auf, sowohl wenn in den Entladeweg der primären, als auch in den der sekundären Flasche der Draht eingeschaltet wird. Bei Einschaltung gleicher Drähte in beide Entladewege findet wieder Resonanzwirkung statt.



### Herstellung galvanoplastischer Abdrücke.

Von **Gottfried Erckmann** in Bingen a. Rh.

Bei dem Versuche, als Masse zur Herstellung galvanoplastischer Matrizen Stearin oder Gyps zu benutzen, machte ich die unliebsame Erfahrung, daß der auf die Matrize aufgetragene Graphit beim Einbringen der Matrize in die Kupfervitriollösung größtenteils wieder abgeschwemmt wurde. Auch mit einem Häutchen von Schwefelsilber statt des Graphits wollte es mir nicht glücken. Da griff ich zur Guttapercha, und mit dieser Substanz machte ich so gute Erfahrungen, daß ich sie als Material zur Anfertigung von galvanoplastischen Matrizen hier angelegentlich empfehlen möchte.

Beim Arbeiten mit der Guttapercha hat man jedoch gewisse Vorsichtsmaßregeln zu beobachten. Besitzt man einen größeren Vorrat von Guttapercha, so muß dieselbe im Dunkeln und vor Luft geschützt, also gut verpackt aufbewahrt werden, wenn sie nicht ihre wertvollen Eigenschaften zum Teil einbüßen soll. Ferner hat man darauf zu achten, daß das Wasser, in das man die Guttapercha zum Zwecke des Erweichens einbringt, nicht zu heiß wird. Erhitzt man dieses Wasser über 60° C., womöglich gar zum Sieden, so nimmt die Guttapercha Wasser auf, erhärtet nach dem Herausnehmen nur sehr langsam und schwierig, klebt deshalb leicht an der Münze an und bleibt beim Abnehmen teilweise daran hängen. Man hänge also in die Porzellanschale, in der man das Wasser für die Guttapercha erwärmt, ein Thermometer ein und erhitze nicht weiter als bis zu 60° C. Dann knete man die Guttapercha unter Wasser (bezw. mit nassen Händen) gehörig durch, bringe eine genügende Menge davon auf eine (zuvor mit Bürstchen und Seife gut gereinigte) nasse Silbermünze (Thaler oder Fünfstück) und presse die Guttapercha, nachdem man sie nochmals auf der Oberseite benetzt hat, mit einer Glasplatte von oben her fest auf die auf dem Experimentiertisch liegende Münze auf. Schon nach einer halben Stunde kann man die Guttapercha von der Münze abnehmen. Das Abnehmen von der Münze vollzieht sich in der Regel leicht, wenn man nur dafür gesorgt hat, daß Guttapercha und Münze vor dem Auflegen gehörig nass gemacht waren. Man erleichtert das Abnehmen der Matrize von der Münze, wenn man auf die Rückseite der Münze etwas lauwarmes Wasser bringt und dies, wenn nötig, wiederholt. Von der Glasplatte trennt sich die Guttapercha sehr leicht.

Nachdem die abgenommene Matrize trocken geworden ist, macht man sie leitend. Ich empfehle, als leitendes Pulver an Stelle des Graphits, der leicht an dem Abdruck hängen bleibt und denselben verunreinigt, Goldbronze zu benutzen, wie man sie in jeder Droguerie käuflich erhält. Das Auftragen und Einreiben der Goldbronze geschieht mit Hilfe eines feinen Pinselchens. Man achte darauf, daß das Bronzepulver nicht über den Rand der Form hinaus-

kommt. Nun montiert man den galvanoplastischen Apparat. Ich benutze als solchen den vom Erfinder der Galvanoplastik, Jakobi, construierten. Die Einrichtung dieses Apparates setze ich als bekannt voraus, möchte aber doch über seine Montierung einige Bemerkungen machen. Zunächst überzieht man die als Kathode dienende Kupferplatte vollständig mit einer dünnen Guttaperchahaut oder sonst einer nichtleitenden Masse (Asphaltlack, Siegellack, letzterer in alkoholischer Lösung oder auf die angewärmte Platte mit der Siegellackstange aufgestrichen). Sodann befestigt man einen blanken Kupferdraht durch mehrmaliges festes Umwinden an einer nicht weit vom unteren Ende gelegenen, blank geputzten Stelle des die Kupferplatte tragenden Kupferstabes und biegt den Kupferdraht abwärts nach der Platte zu, sodafs seine Spitze die Platte gerade berührt. Nun überzieht man auch den Kupferstab, soweit er in die Kupfervitriollösung eintauchen soll, mit Guttapercha oder sonst einem Isolator und verfährt ebenso mit dem um den Stab gewundenen Kupferdraht, sodafs von letzterem nur noch die die Platte berührende Spitze eine metallische Oberfläche zeigt.

Hierauf schiebt man die Guttaperchamatrize vorsichtig zwischen Platte und abwärts gebogenen Draht, sodafs die Spitze des letzteren die bronzierte Matrize in der Mitte berührt. Man hat jetzt nur noch nötig, in die Thonzelle des Apparates verdünnte Schwefelsäure (1:20) einzugiefsen und das Standglas etwa zur Hälfte mit concentrirter Kupfervitriollösung zu füllen, um den Apparat in Thätigkeit setzen zu können. Dafs das in die Thonzelle eintauchende, als Anode dienende Zinkkreuz gut amalgamiert sein mufs, versteht sich wohl von selbst. Um eine Beschädigung der Thonzelle durch abbröckelnde Zinkteilchen zu verhüten, bindet man passend um das Zinkkreuz ein Säckchen aus Leinwand. Um einen möglichst dichten Kupferniederschlag zu erzielen, fügt man zu der Kupfervitriollösung einige Tropfen concentrirter Schwefelsäure hinzu. Ausserdem wirft man auf den Boden des Standglases einige Kupfervitriolkrystalle, die als Ersatz für das durch den Strom verbrauchte Salz dienen sollen, und hebt von Zeit zu Zeit die ganze Vorrichtung aus dem Standglas heraus, um die Kupfervitriollösung, die am Boden noch concentrirt, in ihren oberen Schichten aber schon salzarm ist, mit einem Glasstabe umzurühren. Die Matrize soll dem Thoncyliner möglichst nahe sein, doch hüte man sich, dafs kein Kupfer von der Matrize an die Zelle heranwächst, da diese sonst beschädigt würde. Auch empfiehlt es sich, die Spitze des Kupferdrahts nicht während der ganzen Dauer des Processes dieselbe Stelle der Matrize berühren zu lassen, da sonst leicht an dieser Stelle ein Loch im Abdruck entstehen kann. Nach etwa 3—4 Tagen wird der Kupferniederschlag die nötige Stärke besitzen, so dafs man den Apparat auseinandernehmen kann. (Die Kupfervitriollösung bleibt im Standglas, der Rahmen samt dem gut gereinigten Zinkkreuz wird für sich aufbewahrt; die Thonzelle wird nach dem Ausgiefsen der verdünnten Schwefelsäure und dem Abspülen am besten ganz unter Wasser aufgehoben.)

Um den Kupferabdruck bequem von der Matrize abnehmen zu können, legt man die Matrize einige Augenblicke in lauwarmes Wasser ein. Durch Rückwärtsbiegen des überstehenden Randes der Guttapercha gelingt es dann leicht, den Abdruck von der Form loszulösen. Sollte hierbei etwas Guttapercha an dem Abdruck hängen bleiben, so entfernt man dieselbe mit Schwefelkohlenstoff, der die Guttapercha auflöst. Will man dem Kupferabdruck durch Entfernen des überstehenden Randes ein gefälligeres Aussehen geben, so bestreicht man (nach Weinhold) die Rückseite des Abdrucks mit Lötwasser, legt ein Stückchen Weichlot auf und bringt das Lot über der kleingedrehten Bunsenschen Flamme zum Fliefsen. An dem auf diese Weise verstärkten Kupferabdruck läfst sich der überstehende Rand mit einer scharfen Drahtbeifszange oder mit einer Feile entfernen, ohne dafs man ein Ausbrechen des spröden galvanoplastischen Kupfers zu befürchten hat. Schliesslich reinigt man den Abdruck unter Zuhilfenahme eines kleinen Bürstchen mit Schlammkreide, die man mit Alkohol verrieben hat.

#### Für die Praxis.

Selbsterstellung von Leydener Flaschen. Von E. Grimsehl, Cuxhaven. Bei der Selbsterstellung Leydener Flaschen hat man gewöhnlich einige Schwierigkeit mit der Befestigung des zur inneren Belegung führenden Drahtes. Ich habe es sehr praktisch

gefunden, wenn man für die Leydener Flaschen größere Pulvergläser mit eingeschlifftem Glasstopfen verwendet, deren Öffnung so groß ist, daß man beim Kleben der inneren Belegung mit der Hand in die Flasche kommen kann. Es existieren im Handel solche Pulvergläser, deren Glasstopfen oben flach ist und der innen hohl ist. Es gelingt nun leicht, mit der Dreikantfeile unter Benutzung von Terpentinöl durch diesen Stopfen ein Loch zu bohren. Durch dieses Loch führt man den zur Belegung führenden Draht hindurch und kittet ihn mit etwas Gummikitt fest. An das untere Ende des Drahtes wird eine weite Spirale von Messingdraht gelötet, die federnd auf den Boden der Flasche, eventuell unter Zwischenlegen einiger Stanniolstücke drückt. Das Gewicht des nur lose eingesetzten Glasstopfens sorgt dafür, daß der Draht eine feste, unveränderliche Lage behält. Diese Befestigung ist bequemer und reinlicher als die mit einem Korkstopfen. Zugleich wird durch den mit Schellack bestrichenen Glasstopfen eine gute Isolation erreicht.

In der Figur zur Mitteilung über „Resonanz bei Entladung Leydener Flaschen“ (S. 162) ist eine solche Flasche abgebildet.

Einfachster Versuch über Elektrolyse. Von J. Jung in Bielitz. In eine Schale mit Wasser tropft man etwas Schwefel- oder Salzsäure, sodaß man eine ganz schwach saure Flüssigkeit erhält, die ein hineingehaltenes Stück Zinkblech kaum angreift, was an der geringen Bildung von Wasserstoffbläschen ersichtlich ist. Legt man in die Flüssigkeit nun eine Münze, gleichgiltig ob aus Silber, Kupfer oder Nickel, so wird diese für sich allein von der Säure gar keine merkliche Beeinflussung erfahren; man braucht aber die mit Flüssigkeit bedeckte Münze bloß mit dem — in der Hand gehaltenen oder auch in die Schale gelegten — Zinkblechstückchen zu berühren, um zu bewirken, daß ihre ganze Oberfläche sich sofort mit Bläschen bedeckt und eine lebhafte Gasentwicklung an der Münze beginnt. Dieselbe hört sofort auf, sowie man die Berührung zwischen Münze und Zinkblech aufhebt und ihre Heftigkeit steigert sich um so mehr, je inniger man jene Berührung gestaltet. Bei längerer Versuchsdauer erkennt man, daß die Münze verzinkt wird. Man hat aber eben ein „galvanisches Element“ vor sich, dessen zwei Metallplatten einander inmitten der Flüssigkeit berühren, statt erst außerhalb leitend verbunden zu sein.

Auffangen einer kleinen Wasserstoffmenge ohne pneumatische Wanne. Von H. Rebenstorf in Dresden. Ein Reagensglas wird mit Wasser gefüllt, mit einem Stück Tüll überdeckt und dessen überstehender Rand an der Glaswand herabgedrückt. Man tröpfelt unter Auftupfen auf das straff gespannte bedeckende Gewebe noch etwas Wasser nach, bis eine Luftblase nicht mehr vorhanden ist. Dann wird unter leichtem Daumendruck auf das mit der andern Hand immer noch straff gehaltene Gewebe das Gläschen umgewendet und in eine Stativklemme gebracht. Bringt man nun auf einer trocknen, wagerechten Fläche, Messerklinge, Glasplättchen oder dergl., ein kleines Natriumstück an die feuchte Tüllfläche, so biegt sich bei schnellem, aber leichtem Andrücken das Metall sofort durch die Maschen des Tülls bis an die oberste Wasserschicht des Gläschens, wo es unter Wasserstoffentwicklung verschwindet.

Wechselströme lassen sich mit jeder Geissler'schen Röhre nachweisen. Bekanntlich tritt der positive Pol bei Gleichstrom in rötlichem Lichte auf, der negative in violetterem. Influenzmaschinen kehren nicht selten ihre Stromrichtung von selbst um; man nimmt dies am einfachsten an einer eingeschalteten Geissler'schen Röhre wahr. Schaltet man nun eine Leydner Flasche ein und gibt man der Funkenstrecke eine solche Länge, daß sich die Flasche oscillierend entladet, so erscheinen die beiden Elektroden der Geissler'schen Röhre von gleichartigem Lichte umgeben. Damit die Entladung eine oscillierende wird, muß  $R < \frac{\sqrt{2L}}{C}$  sein, wo  $R$  den Widerstand,  $L$  den Coefficienten der Selbstinduktion und  $C$  die Capacität bedeutet.

W. Weiler, Esslingen.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Versuche aus der Wärmelehre.** In der Pr.-Abb. des Realgymnasiums zu Altona (Ostern 1899, Pr. No. 301) beschreibt H. LÜDTKE Versuche aus der Wärmelehre und verwandten Gebieten, zum Teil im Anschluß an Loosers Doppelthermoskop. Hervorgehoben sei daraus, daß der eben genannte Apparat dazu dienen kann, das Verhältnis  $k$  der beiden spezifischen Wärmen der Gase zu bestimmen, und zwar anknüpfend an die Versuche 26 und 27 in der Abhandlung Loosers (d. Ztschr. VIII 296) und an den Versuch, den Niemöller in d. Ztschr. (VI 140) mitgeteilt hat. Es bedarf dazu nach der Methode von Clément und Désormes nur des folgenden Verfahrens: Man verdichtet die Luft in einer Flasche etwas durch Hineinblasen und setzt die Flasche dann mit einem Indikator des Thermoskops in Verbindung; nachdem die Luft Zimmertemperatur angenommen hat, liest man den Ausschlag am Indikator (z. B. 10 cm) ab. Man öffnet nun den Hahn, sodafs die Flüssigkeitssäule auf ihre normale Höhe sinkt, und schließt ihn sofort wieder, worauf nach einiger Zeit ein neuer Ausschlag des Indikators (etwa 3 cm) zu beobachten ist. Daraus berechnet man  $k = \frac{10}{10-3} = 1,43$ . Bei der Ausführung ergaben sich für  $k$  aus vier Versuchen die Werte 1,50 — 1,34 — 1,72 — 1,33 — deren Mittelwert 1,47 war, eine allerdings nur für einen Demonstrationsversuch ausreichende Annäherung. Einige weitere Bemerkungen über den Versuch und die theoretische Behandlung möge man in der Abhandlung selbst nachlesen.

Die Abhandlung bringt ferner Versuche über die Zusammendrückbarkeit und Expansion der Luft, die Demonstration der Wasserluftpumpe, die Ozonbildung, die Porosität von Thonzellen und deren thermisches Verhalten. Ein elektrischer Signalapparat, bei dem die durch Osmose bewirkte Verschiebung einer Quecksilbersäule zum Schließen eines Stroms benutzt wird, ist in ganz ähnlicher Ausführung bereits von B. Schwalbe (d. Ztschr. VII 177) beschrieben. Das gleiche Prinzip des Stromschlusses empfiehlt der Verfasser auch zum Nachweis der Ausdehnung von Stäben, Flüssigkeiten und Gasen beim Erwärmen, wofür verschiedene zweckmäßige Vorrichtungen angegeben werden. Als Manometerflüssigkeit wird gleichfalls Quecksilber benutzt, das beim Steigen die leitende Verbindung zwischen zwei Drähten herstellt. Der Stromschluß wird durch ein Rasselwerk (elektrische Klingel ohne Glocke) hörbar gemacht. Der Verfasser giebt dieser Art der Demonstration den Vorzug vor der gewöhnlichen namentlich bei Benutzung von Lehrzimmern, die verhältnismäßig breit sind, da hier bei fester Stellung der Apparate die Versuche nur mangelhaft von allen Plätzen aus gesehen werden können. P.

**Glüherscheinung beim Einwirken von Schwefelwasserstoff auf Bleisuperoxyd.** Von L. VANINO und O. HAUSER. Beim Überleiten von Schwefelwasserstoff über Wismutpentoxyd wurde eine Reaktion unter Feuererscheinung schon von Hilger, Silge und van Scherpenberg beobachtet. Leitet man Schwefelwasserstoff auf angefeuchtetes oder trockenes Bleisuperoxyd so tritt nach VANINO und HAUSER eine ähnliche Erscheinung ein: Die ganze Masse erglüht und der Schwefelwasserstoff verbrennt mit der fahlblauen Flamme des Bleies. Die Reaktion ist nicht nur als Vorlesungsversuch geeignet, sondern kann auch zum Entzünden von Explosionsgemischen dienen. So läßt sich mittels der beiden Reagentien eine mit Wasser vollständig durchtränkte Schiefsbaumwolle zur Entzündung bringen; Pikratpulver verpuffen augenblicklich, Metallpulver wie Zink, Aluminium, Wismut verbrennen unter Funkensprühen. Damit die Wirkung eintrete, darf das Bleidioxyd nicht auf eine Fläche verteilt sein, sondern muß in kleinen Anhäufungen zur Verwendung kommen. (Berichte d. d. chem. Ges. XXXIII S. 625, 1900.) O.

### 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Elektrische Wellen.** In der Nature (60, 436; 1899) beschreibt F. J. JERVIS-SMITH einen einfachen und leicht herstellbaren Empfänger für Hertz'sche Wellen, der bereits bei

etwa  $\frac{1}{16}$  Milliampère ausgezeichnete Ergebnisse liefert. In Fig. 1 sind  $M$  und  $N$  die Pole des permanenten Magneten eines d'Arsonval-Galvanometers,  $k$  dessen Spule, die 500 Ohm Widerstand hat,  $H$  der innere feste Kern aus weichem Eisen,  $LL$  die flachen Aufhängungsdrähte und  $J$  ein Ebonitstab, an dem seitlich ein kleiner Fritter befestigt ist. Dieser bildet einen Teil des Galvanometerkreises und bewegt sich mit der Spule. Die Enden  $A$  und  $B$  der Aufhängungsdrähte sind an einem in der Zeichnung weggelassenen Gestelle befestigt. In den Kreis sind ein kleines Trockenelement  $O$  und ein induktionsfreier Widerstand  $R$  von 16 000 Ohm eingeschaltet. Um den Empfänger, sobald er durch eine Hertz'sche Welle leitend geworden ist, wieder in den Zustand hohen Widerstandes zu versetzen, wird er bei der Ablenkung gegen eine Spitze  $F$  gedrückt, deren Seitenansicht in Fig. 2 abgebildet ist. Diese

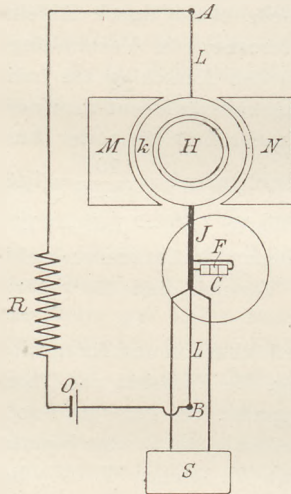


Fig. 1.

Spitze wird mittels eines Wasserstrahls folgendermaßen in einen Schwingungszustand versetzt:  $DE$  ist ein Rohr, das an einem Ende durch eine elastische Scheibe, an der der Vorsprung  $F$  sitzt, verschlossen wird; bei  $E$  strömt der Strahl so ein, daß das Wasser die Mitte der Scheibe trifft. Der Ausflußstutzen ist durch den Stab  $QQ$  mit dem Rohr verbunden, das wie ein Resonator die Ausströmung so beeinflusst, daß  $F$  in Schwingung versetzt wird. Die aufgehängte Spule  $K$  ist mit einem Spiegel und einem Zeiger versehen, so daß ihre Bewegungen bequem zu sehen sind. Die Fangflügel sind bei  $A$  und  $B$  an dem Apparat befestigt. Die in eine Flüssigkeit eintauchende Scheibe  $S$

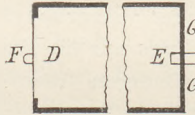


Fig. 2.

dämpft die Bewegungen der Spule. Der Abstand der Pole des Fritters war so klein wie möglich; die Füllung war eine 8% -ige Legierung (8 per cent. alloy), die in der Knallgasflamme hergestellt und mit der Feile zerkleinert worden war, und viel empfindlicher als das Gemenge aus Feilspänen der beiden Metalle<sup>1)</sup>.

Über das Verhalten verschiedener Metalle im Fritter hat J. CHUNDER BOSE zu Calcutta eingehende Untersuchungen angestellt. (*E. T. Z.* 20, 688; 1899). Infolge der warmen und feuchten Witterung Bengalens oxydiert sich dort bald Stahl oder Eisen in den Frittern, wodurch deren Empfindlichkeit beträchtlich vermindert wird. BOSE füllte daher die Fritter mit engen Spiralen aus dünnem Silberdrahte, der elektrolytisch mit Kobalt überzogen war. Diese Füllung ist in hohem Maße empfindlich gegen elektrische Strahlungen und zugleich fest gegen chemische Einwirkungen der Luft. Im Anschluß hieran untersuchte er die Frittereigenschaften verschiedener Metalle, wobei er sich sinnreicher Vorrichtungen bediente, um den Druck, mit dem die Metallteilchen einander berühren, und die E.M.K. abzuändern. Er fand im allgemeinen, daß frisch hergestellte Fritter zwar schwieriger einzustellen, aber empfindlicher als ältere sind. Metalle mit blanker Oberfläche sind gleichfalls schwieriger einzustellen und empfindlicher als solche mit stumpfer Oberfläche. Bei einem frischen Fritter beobachtete BOSE bei mäßigem Druck und kleiner E.M.K. eine Zunahme des Widerstandes unter dem Einfluß der Strahlung, dabei erholte sich dieser Empfänger von selbst ohne vorherige Erschütterung von der Einwirkung der Wellen; nach einiger Zeit ging er in einen Zustand über, bei dem die Strahlung stets eine Verringerung des Widerstandes hervorrief. Ein anderer Fritter erwies sich anscheinend fast ganz unempfindlich gegen Wellen, eine Untersuchung mittels des Telephons zeigte jedoch, daß dem Ansprechen sofort von selbst das Wiedereinstellen folgte. Nach 20 oder 30 Einstellungen verlor der Fritter diese Eigenschaft. Bei der Mehrzahl der Metalle findet gewöhnlich eine Verminderung des Widerstandes

<sup>1)</sup> Der Verfasser nennt leider die beiden Metalle nicht, es ist daher wohl anzunehmen, daß er wie Marconi Nickel und Silber benutzt hat.

bei der Einwirkung der Wellen statt und im allgemeinen verschwindet die gelegentliche Widerstandszunahme mit der Steigerung des Druckes und der E.M.K.

Die Ergebnisse Boses sind im einzelnen folgende: Kalium. Die Strahlung bewirkt eine Widerstandszunahme, auf die sofort von selbst eine Wiedereinstellung folgt. Diese wertvolle Eigenschaft zeigt der Empfänger dauernd, so lange er in Petroleum eintaucht. Natrium zeigt im allgemeinen das gleiche Verhalten, doch nicht in gleicher Stärke, auch spricht es schwieriger an. Bei Lithium treten ähnliche Erscheinungen auf, doch sind sie schwächer und unsicherer. Calcium verhält sich unter Petroleum ähnlich wie Natrium, doch ist die Neigung, sich selbst einzustellen, sehr schwach. Magnesium, das einen in sehr hohem Maße empfindlichen Empfänger liefert, vermindert den Widerstand unter Einwirkung elektrischer Strahlen. Doch läßt sich bei sorgfältiger Einstellung auch eine Zunahme des Widerstandes erzielen. Zeitweise ist es möglich, so einzustellen, daß eine Bestrahlung eine Verminderung, die nächste eine Vermehrung des Widerstandes u. s. w. hervorruft. Meistens stellen sich Empfänger aus diesem Metalle von selbst wieder ein. Die Empfindlichkeit des Zinks ist mäfsig und die des Kadmiums noch geringer. Wismuth und Antimon geben bei kleiner E.M.K. sehr empfindliche Empfänger. Eisen, dessen Verhalten bereits bekannt, ist normal. Nickel und Kobalt sind sehr, Mangan, Chrom und Aluminium etwas weniger empfindlich. Zinn, das schwierig einzustellen, ist vollkommen, Blei etwas weniger und Thallium nur mäfsig empfindlich. Die Empfindlichkeit von Molybdän und Uran ist gering. Platin und Platinschwamm zeigen einen mäfsigen Grad der Empfindlichkeit. Palladium, dessen Einstellung schwieriger ist, liefert empfindlichere Fritter als Platin. Das mäfsig empfindliche Osmium erfordert eine höhere E.M.K., Rhodium zeigt sich empfindlicher als Osmium. Kupfer, dessen Empfindlichkeit mäfsig ist, erfordert eine kleine E.M.K. Gold ist schwer einzustellen und nur wenig empfindlich. Silber verhält sich ganz unbeständig, es zeigt bald eine Verminderung, bald eine Vermehrung des Widerstandes.

H.-M.

Über Natur und Ursache des Cohärerphänomens stellte T. TOMMASINA weitere Untersuchungen an (*C. R. CXXIX, 40; 1899*). Die Vermehrung der elektrischen Leitungsfähigkeit der Feilspäne ist die Folge der Bildung von Ketten; diese Ketten bilden sich besonders gut in einer elektrolytischen Flüssigkeit, wenn man in dieser ein horizontales Brettchen anbringt und auf diesem Eisenteilspäne zwischen Elektroden eines Rühmkorff von 35 cm Funkenlänge ausbreitet. In destilliertem Wasser erhielt der Verf. bei Benutzung des Unterbrechers Ketten von mehr als 20 cm Länge. Bei Verringerung der Stromstärke bilden und erheben sich eine Menge dieser Ketten und scheinen mit Anstrengung nach der Elektrode hinzulaufen. Bei Verstärkung des Stroms erreicht dann eine der Ketten die Elektrode und heftet sich dort an. Der unmittelbare Erfolg hiervon ist, daß alle andern Ketten in Bruchstücke zerfallen und jede Bewegung in der Feile aufhört. Selbst durch heftige Stöße läßt sich die jetzt leitend gewordene Feilbrücke nicht zerstören, was bei Öffnung des Stromes mit Leichtigkeit geschieht.

Die Bildung der Ketten wird bewirkt durch die Einstellung der leitenden Metallteilchen in die Richtung der Kraftlinien des elektrischen Feldes. Diese lassen sich in folgender Weise besonders gut sichtbar machen. In einem sehr breiten und am Boden ebenen Gefäß wurde Silberfeile ausgestreut und diese mit einer Schicht destillierten Wassers von 3 bis 4 mm Dicke bedeckt. Zwei in Glasröhren eingeschlossene Aluminiumdrähte tauchten in das Wasser und berührten mit den freien Enden den Boden des Gefäßes. Giebt man dem Gefäß eine schwingende Bewegung und verstärkt den Strom, so beobachtet man im Dunkeln die Kraftlinien in Form von leuchtenden Curven. Verf. ist der Ansicht, daß diese Versuche in vergrößerter Form dasselbe zeigen, was in dem Cohärerfelde vor sich geht.

Cohärer aus Metallkugeln untersuchte BRANLY auf ihre Wirksamkeit (*C. R. CXXVIII, 1089; 1899*). Die Kugeln hatten etwa 12 mm Durchmesser und wurden in Glasröhren aufgeschichtet. Als empfindlich zeigten sich Kugeln aus Eisen, Stahl, Aluminium, nicht empfindlich waren Kugeln aus Blei. Der Verf. giebt genaue Zahlen für die Abnahme des Wider-

standes nach der Bestrahlung durch elektrische Wellen. Das Ergebnis blieb dasselbe, wenn die Kugeln horizontal neben einander lagen oder wenn ihre Durchmesser zwischen 5 und 15 mm variierten. 6 Stahlkugeln gaben einen ebenso guten Cohärer wie eine Röhre mit Feilicht aus Goldlegierung. Im allgemeinen hängen die Wirkungen ab vom Durchmesser, der Anzahl, der Politur, dem Drucke der Kugeln und von dem Gasdruck in der Röhre.

Zur Messung der Geschwindigkeit elektrischer Wellen benutzte MAC LEAN (*Phil. Mag.* 48, 118; 1899) eine äußerst einfache Cohärerform. In einem Glasrohr befinden sich zwei Platinkugeln in Berührung mit einander; an jeder Kugel sitzt eine Spirale aus Platindraht, von denen die eine am Ende eine Mikrometerschraube trägt, mit der die Platinkugeln gegen einander verstellt werden können. Seine Kapazität und Selbstinduktion erhält der Cohärer durch zwei große Stanniolscheiben, die auf beiden Seiten einer 5 cm dicken Glasplatte befestigt und durch ca. 1 m lange Kupferdrähte mit den Enden der Platinspiralen verbunden sind. In den Stromkreis des Cohäriers ist ein Widerstandskasten und ein Milliampèremeter eingeschaltet. Vor Beginn der Messungen wird durch die Mikrometerschraube sorgfältig der geringst-mögliche Contact der Platinkugeln hergestellt, was durch Beobachtung der Milliampèrenadel leicht festzustellen ist. Durch elektrische Wellen wird der Contact sofort verstärkt, und der Ausschlag der Nadel wächst. Verf. fand die gegebene Anordnung zur Messung von elektrischen Wellenlängen geeigneter als alle Cohärer von Lodge, Marconi oder Branly. Alle Röhren mit Metallfüllung haben den gemeinsamen Fehler, daß die Nadel des Ampèremeters nicht rasch wieder in ihre Nullstellung zurückkehrt. Bei dem Cohärer des Verf. ist ein Klopfen unnötig; die Rückkehr in den Anfangszustand erfolgt vermöge der Elastizität der Platinspiralen, durch die der Stromkreis sofort wieder geöffnet wird. Man könnte den beschriebenen Cohärer ein „Elektrobolometer“ nennen; seine Handhabung ist nicht schwieriger als die des Wärmebolometers.

Der Verf. maß die Länge der elektrischen Wellen, indem er den Cohärer von dem Oscillator entfernte und die Ausschläge der Galvanometernadel in verschiedenen Entfernungen notierte. Es zeigte sich hierbei, daß, sobald der Stromkreis des Oscillators geschlossen wurde, eine elektrostatische Einwirkung auf die Cohärererkugeln stattfand, die in verschiedenen Entfernungen von verschiedener Größe war und den Ausschlag der Nadel beeinflusste. Diese Erscheinung giebt vielleicht Aufschluß über die wahre Ursache des Cohärerphänomens. Bei den Messungen wurde sie dadurch eliminiert, daß jedesmal die Differenz zweier auf verschiedene Art erhaltener Ausschläge genommen wurde, die von jener Störung unabhängig war. Die so erhaltenen Zahlen waren allerdings sehr klein, aber sehr regelmäsig. Die graphische Darstellung derselben als Funktion der Entfernung giebt eine deutliche Wellenkurve, in der die Knoten und Bäuche scharf hervortreten. Die Wellenlänge war 541,5 cm. Die Schwingungsdauer der Oscillationen wurde durch Photographie auf  $1,976 \times 10^{-8}$  Sek. bestimmt; daraus ergab sich die Geschwindigkeit zu  $2,991 \cdot 10^{10}$  cm.

Zur Vergleichung der Geschwindigkeiten elektromagnetischer Wellen in Luft und an Drähten entlang benutzt C. GURTON folgende Methode (*C. R. CXXVIII*, 1508; 1899). Von einem Erreger gehen gleichzeitig zwei Wellensysteme aus; das eine pflanzt sich beständig an Kupferdrähten entlang fort, während das andere einen Teil seines Weges in Luft ausführt. Beide Wellensysteme treffen auf dieselbe Branlysche Röhre, die so angebracht ist, daß, wenn die Wellen sie zu gleicher Zeit erreichen, ihre Wirkungen sich aufheben. Die relative Länge der von den Wellen durchlaufenen Wege wird so lange verändert, bis man keine Einwirkung auf die Röhre mehr beobachtet; beide Wellensysteme brauchen dann die gleiche Zeit, um vom Erreger zur Röhre zu gelangen. An Stelle der Luftstrecke der Wellen setzt man nun eine gleiche Länge geradliniger Drähte und sieht zu, ob die Wellen noch in derselben Zeit die Branlysche Röhre erreichen. — Die genau im einzelnen beschriebenen Versuche ergaben die Gleichheit der beiden Geschwindigkeiten bis auf weniger als  $\frac{1}{200}$ .

Die Durchlässigkeit verschiedener Flüssigkeiten für Hertz'sche Wellen untersuchte E. BRANLY (*C. R. CXXIX*, 672; 1899), indem er die Entfernungen bestimmte, in



denen ein Wellenzug nach dem Durchgange durch eine Flüssigkeitsschicht von 20 cm Dicke auf einen Cohärer keine Wirkung mehr ausübte. Von den Ergebnissen sei hervorgehoben, daß destilliertes Wasser und Quellwasser eine drei- bis viermal so starke Absorption ausüben als Luft oder mineralisches Öl. Seewasser hielt die angewandten Wellen viel mehr zurück als eine Cementmauer von derselben Dicke. Die Sulfate von Zink und Kupfer zeigten geringere, aber noch der des Natriumchlorürs vergleichbare Absorption.

Eine neue Methode zur Bestimmung der Dielektrizitätsconstante und der elektrischen Absorption kleiner Substanzmengen vermittelt elektrischer Drahtwellen beschreibt COOLIDGE (*Wied. Ann.* 69, 125; 1899). Bereits 1897 hatte Drude diese Größen dadurch bestimmt, daß er die Resonanzlänge eines Drahtsystems aufsuchte, welches einen kleinen, mit der zu untersuchenden Substanz gefüllten Condensator enthielt. COOLIDGE schaltet diesen Condensator in das Erregersystem ein und bestimmt die dadurch herbeigeführte Änderung der Wellenlänge. Er benutzte dazu sowohl die Blondlotsche, wie die Lechersche Anordnung. Bei der ersteren befindet sich der Condensator, ein mit der betr. Flüssigkeit zu füllender kleiner Glaskolben, dessen Elektroden auf beiden Drähten liegen, zwischen dem Erregerkreis und der ersten Brücke; hinter dieser liegt um  $\frac{1}{4}$  Wellenlänge entfernt eine Zehndersche Röhre, und die zweite Brücke wird an die Stellen des Drahtsystems geschoben, bei denen die Röhre aufleuchtet. Eine Änderung der Substanz des Condensators giebt eine Änderung der Wellenlänge, aus der die Dielektrizitätsconstante zu bestimmen ist. Gewöhnlich wurden Aichflüssigkeiten (Mischungen von Benzol und Aceton) mit bekannter Dielektrizitätsconstante in das Condensatorgefäß gebracht und die zugehörige Wellenlänge gemessen. Den elektrischen Absorptionsindex findet man aus der zeitlichen Dämpfung der Wellen, die man aus der hinter der ersten Brücke zu beobachtenden Knotenzahl erschließen kann. Die Methode eignete sich besonders für nicht zu stark absorbierende Substanzen. Verf. bestimmte damit die Dielektrizitätsconstanten einiger verflüssigter Gase: Schwefeldioxyd, Ammoniak, Kohlendioxyd. Für Wasser wurde der Temperaturcoefficient seiner Dielektrizitätsconstante zu 0,432 % pro Grad bei 17,0° bestimmt. Mit einer etwas modifizierten Anordnung konnte die Absorption des Wassers bei einer Wellenlänge  $\lambda = 147$  cm gemessen werden; der Absorptionsindex betrug hier  $\alpha = 0,0082$ . Daraus läßt sich die Wellenlänge, für die  $\alpha$  einen maximalen Wert annehmen würde, zu  $\lambda = 3,6$  mm annähernd schätzen.

Für nicht absorbierende Substanzen eignete sich besser die Lechersche Anordnung. Hier wurden zwischen Funkenstrecke und erster Brücke in jeden der beiden Paralleldrähte je ein kleiner Condensator der oben beschriebenen Art eingeschaltet. Auch hier wurden die Änderungen der Wellenlänge bestimmt und Aichflüssigkeiten benutzt. Verf. bestimmte so die Dielektrizitätsconstanten der Alkohole in verdünnter Lösung; diese nehmen mit der Verdünnung ab und nähern sich einem Grenzwerte. *Schk.*

**Die elektrische Entladung.** Über Spitzenentladung bei Hochfrequenzströmen berichtet F. HLMSTEDT (*Wied. Ann.* 68, 294; 1899). Der Verf. hatte bereits früher gefunden, daß, wenn man auf dem einen Pole eines Teslatransformators eine Spitze befestigt und dieser in einer solchen Entfernung, daß keine Funken mehr überspringen, eine Scheibe gegenüberstellt, diese Scheibe sich stets positiv ladet, wenn die Ausstrahlung in Luft oder Sauerstoff, negativ, wenn sie in irgend einem andern Gase stattfindet. Die Richtung des primären Stromes und die Art des Teslapoles sind dabei gleichgiltig. Wie Wesendonck später gezeigt hat, erhält man das gleiche Ergebnis auch ohne Teslaspule bei den schnellen Oscillationen der Lecherschen bezw. Blondlotschen Anordnung für Hertz'sche Versuche. Nach Beobachtungen Pflügers ist die Menge Elektrizität je nach dem Pol, der sie ausstrahlt, verschieden. HLMSTEDT findet, daß dieser Unterschied sehr gering wird, wenn man bei der Anordnung auf möglichst vollkommene Symmetrie achtet. Durch Änderung der Stärke des in das Induktorium geschickten Stromes kann man es einrichten, daß bald der eine, bald der andere Pol mehr Elektrizität ausstrahlt; auf Grund dieser Thatsache erklärt Verf. die Erscheinung aus der verschiedenen Zahl der Schwingungen, in der sich die Condensator-

ladungen ausgleichen können und die dann die Spannungen an den Teslapolen verschieden beeinflussen.

Weitere Versuche über die am Eingang besprochene Erscheinung zeigten, daß eine Scheibe durch Ausstrahlung aus der Spitze eines Teslapols positiv, gar nicht, oder negativ geladen wird, je nach der Entfernung zwischen Spitze und Scheibe. Die verschiedenartigsten Anordnungen des Verf. hatten stets dasselbe Ergebnis. Eine Erklärung ergibt sich, wenn man folgende Annahme macht: 1. Von einer auf dem Teslapole angebrachten Spitze wird in Luft mehr positive als negative Elektrizität ausgestrahlt. 2. Die von einer solchen Spitze ausgestrahlte negative Elektrizität vermag sich weiter in den Raum hinaus fortzupflanzen als die positive Elektrizität. Versuche bestätigten die Richtigkeit beider Annahmen. Läßt man eine Spitze bei constantem Potential das eine Mal +, das andere Mal — Elektrizität ausstrahlen, und sucht, in welcher Entfernung von der Spitze eine Scheibe aufgestellt werden muß, damit sie gerade keine Ladung mehr erhält, so findet man bei — Elektrizität bis zu 50 Proc. größere Entfernungen als bei + Elektrizität.

In andern Gasen zeigt die Erscheinung qualitativ denselben Verlauf wie in Luft. Doch giebt es zwei Gruppen: 1. Luft, Sauerstoff; 2. Wasserstoff, Leuchtgas, Stickstoff, Kohlensäure. Bei der ersten Gruppe läßt sich nur in geringerem Abstände starke positive Ladung, in größerem Abstände aber auch negative Ladung nachweisen. Bei der zweiten Gruppe erhält man im allgemeinen negative Ladungen, doch gelingt es bei sorgfältiger Einstellung auf solchen Spitzenabstand, daß gerade keine Funken übergehen, auch positive Ladungen zu erhalten.

Gingen die Entladungen eines Teslapoles auf eine gegenüberstehende Platte in einem rings geschlossenen, mit Luft erfüllten Raum vor sich, so nahmen sie sehr rasch an Stärke ab, und es bildete sich dabei  $NO_2$ . War das Gefäß mit  $NO_2$  gefüllt, so war die Entladung von vorn herein sehr gering, und zwar bald +, bald —. Auch  $CO_2$  und  $O_2$  gaben eine ähnliche Verminderung der Ladung, nicht dagegen Wasserstoff.

Den Einfluß minimaler Verunreinigungen eines Gases auf die Spitzenentladung schildert WARBURG in den *Berichten d. Berl. Akad.* 1899, S. 770. Die Versuche wurden mit der in dieser *Ztschr.* XII, 291 beschriebenen Methode angestellt. Ging die negative Entladung in reinem Stickstoff vor sich, so nahm die Stärke des durch das Gas gehenden Stromes mit der Zeit ab, nahm aber bei Einfüllung von frischem Stickstoff wieder den früheren Wert an. Die Ursache dieser Erscheinung glaubt der Verf. in Sauerstoffresten zu finden, die vom Platin und den Glaswänden langsam entweichen. Wurde der Stickstoff durch ein mit Kupferdrahtnetz gefülltes Glasrohr geleitet, so nahm die negative Leitung stets zu, sobald das Kupfer zum Glühen gebracht wurde. Bei positivem Spitzenpotential wurde die Leitung durch kleine Verunreinigungen des Stickstoffs nicht so stark beeinflusst. Auch bei Wasserstoff (und Helium) wurde die negative Leitung durch Verunreinigungen erheblich herabgesetzt; nach Reinigung blieb sie monatelang unverändert. In einer theoretischen Betrachtung geht WARBURG von der Annahme aus, daß die elektrische Leitung der Gase durch Ionen erfolgt. Bei der Spitzenentladung bewegt sich nur die eine Ionenart, die das Zeichen der Entladung besitzt, weiter. Nimmt man nun an, daß die Stickstoffionen Sauerstoffteilchen an sich verdichten, so werden die negativen Ionen, die nach Thomson viel kleiner sind als die positiven, in ihrer Beweglichkeit durch das Sauerstoffion mehr beeinträchtigt werden als die positiven Ionen. Diese Hypothese würde die Abnahme des Stromes bei negativer Entladung erklären.

Über eine Veränderung, welche Glimmlichtentladungen in verdünnten Gasen hervorrufen, berichtet EBERT (*Wied. Ann.* 69, 372; 1899). Diese Veränderung besteht wahrscheinlich in dem Andauern gewisser Ladungen der Gasteilchen; sie äußert sich dadurch, daß beim Sinken des Gasdrucks die Entladungsspannung zunächst sinkt, dann bei einem bestimmten „Umkehrdruck“ wieder steigt. Diese Umkehrdrucke verhalten sich wie die mittleren freien Weglängen der Gasmoleküle bei demselben Drucke. Bei Wechselstromentladungen treten die Umkehrungen in cylindrischen Röhren dann auf, wenn die von

Glimmlicht erfüllten Gasmassen etwa die Hälfte des Entladungsraumes einnehmen; die Umkehrdrucke sind daher von Länge und Weite der Röhre abhängig. Durch Verschieben einer beweglichen Elektrode läßt sich die Umkehr bei einem beliebigen Druck herbeiführen. Eine bewegliche Elektrode erleidet bei der Umkehr einen mechanischen Rückstoß.

Über Methoden zur Darstellung von Entladungsfiguren berichtet FOMM (*Wied. Ann.* 69, 479; 1899). Auf zur Erde abgeleitetes Stanniol wird eine Glasplatte gelegt und diese mit einer dünnen Schicht Schmieröl übergossen. Bringt man auf die Platte einen zugespitzten Metallstab, der mit dem positiven Pol der Influenzmaschine verbunden ist, so bildet sich auf dem Öl die strahlenförmige Figur, im Dunkeln unter Lichterscheinung. Wird die positive Ladung auf die Schichtseite einer photographischen Platte gebracht, deren Glasseite auf abgeleitetem Stanniol liegt, so zeigt sich die Figur nach der Entwicklung auf der Platte. Auf Holz, das senkrecht zur Wachstumsrichtung geschnitten wurde, sind die Figuren kreisförmig, ist das Holz in einer anderen Richtung geschnitten, werden sie elliptisch. Auch diese lassen sich auf lichtempfindlichem Papier, das mit der Schichtseite auf die Holzplatte gelegt wird, fixieren. Hierbei tritt auch die Struktur des Holzes hervor. Noch deutlicher zeigt sich diese bei folgendem Versuch. Die sehr trockene, fein geschliffene Holzplatte wird auf abgeleitetes Stanniol gelegt, mit lichtempfindlichem Papier bedeckt und dieses durch eine in 5 cm Entfernung darüber gebrachte Spitze negativ geladen. Die zwischen Papier und Holz befindliche dünne Luftschicht wird dann mit blauem Licht lumineszierend und zwar am stärksten an den Jahresringen, die auf dem entwickelten Papier äußerst scharf hervortreten. Während die Jahresringe bei allen Hölzern dunkel werden, sind die Markstrahlen im Eichenholz hell, im Buchenholz dunkel abgebildet. Die Untersuchung zeigt, daß letzteres reicher an Stärkekörnern ist als das erste; das elektrophotographische Bild giebt also die Eigenart des Holzes wieder. Man erhält das Bild des Holzes mit den Jahresringen auch auf gewöhnlichem Papier, das während der Entladung mit Mennige- oder Graphitpulver bestreut wird.

Die Spektren oscillierender Entladungen untersuchte G. A. HEMSALECH (*C. R. CXXXIX* 285; 1899). In Verbindung mit SCHÜSTER hatte der Verf. bereits früher gezeigt, daß, wenn man eine Spule mit Selbstinduktion in den äußeren Entladungskreis einer Leydener Flasche einschaltet, man aus dem Spektrum des Funkens fast alle von der Luft herrührenden Linien entfernen kann, so daß man auf eine sehr bequeme Art allein die Metalllinien der Elektroden erhält. Durch passende Wahl der Selbstinduktion kann man die Intensität einzelner Linien verstärken, während andere merklich schwach werden oder sogar völlig verschwinden.

Der Verf. hat weiterhin eine ganze Zahl Spektren von verschiedenen Metallen und Gasen studiert. Zur Identifikation der Linien wurde die photographische Methode angewandt; die äußersten auf der Platte erhaltenen Strahlen lagen bei  $\lambda = 5900$  und  $\lambda = 3400$ . Der oscillierende Funke wurde erzeugt durch die Entladung von 3 Leydener Flaschen mit Ableitung auf die sekundäre Rolle eines Rühmkorff von 25 cm Schlagweite und durch Einfügung einer Selbstinduktion von 0,00012 bis 0,0038 Henry. Auf derselben photographischen Platte erzeugte man genau übereinander zwei Spektren, das eine mit, das andere ohne Selbstinduktion; die Entfernungen zwischen den Linien wurden mit einer Teilmaschine gemessen und in Wellenlängen umgerechnet.

In den Spektren fällt vor allem das Fehlen der Luftlinien auf; bei sehr langer Expositionszeit (1 bis 2 Stunden) und bei Anwendung einer Selbstinduktion von 0,0038 Henry kann man indessen die cannelierten Banden des Stickstoffs wahrnehmen. Die Linien des Sauerstoffs werden unter denselben Bedingungen nicht sichtbar. Eine genauere Untersuchung zeigte, daß die bei hoher Temperatur erzeugten „kurzen“ Linien es sind, die unter dem Einflusse der Selbstinduktion schwächer werden oder selbst verschwinden, während die bei niedriger Temperatur entstehenden „langen“ Linien, die besonders im Spektrum des Lichtbogens erscheinen, ihr Aussehen nicht verändern oder sogar glänzender werden. Man kann die Erscheinung dadurch erklären, daß durch Einschaltung der Selbstinduktion die

Temperatur des Funkens erniedrigt wird. Eine andere Thatsache, die für diese Annahme spricht, ist, daß in dem Spektrum des oscillierenden Funkens Linien auftreten, die nicht in dem gewöhnlichen Funken, wohl aber im Lichtbogen sichtbar sind. Durch Varriiren der Selbstinduktion kann man hiernach Spektren studieren, die bei Temperaturen zwischen der des Lichtbogens und der des gewöhnlichen Funkens erzeugt sind. Eine andere bemerkenswerte Erscheinung bei der oscillierenden Entladung ist das Auftreten der von den Verunreinigungen des Elektrodenmetalls herrührenden Linien, die im gewöhnlichen Funken unsichtbar sind.

Der Verf. giebt eine Tabelle der relativen Intensitäten der wichtigsten Linien im Wisnitspektrum, wie sie bei Varriiren der Selbstinduktion auftritt. Was die Gase anlangt, so ist das Spektrum des Wasserstoffs am meisten charakteristisch. Bei diesen Gasen werden bei Atmosphärendruck die Linien des Spektrums der oscillierenden Entladung scharf, und die Schlagweite beeinflusst die Schärfe nicht. Bei zweistündiger Exposition und einer Selbstinduktion von 0,0038 Henry erhielt Verf. Linien, die sonst nur bei Anwendung Geisslerscher Röhren, wo das Gas verdünnt ist, auftreten. Eine Fortsetzung der Versuche behält sich der Verf. vor.

Die Entladung durch Flammen und glühende Körper führt P. VILLARD auf Kathodenstrahlen zurück (*C. R. CXXX, 125; 1900*). Die Annahme, daß Flammengase als solche entladend wirken, ist unrichtig. Nähert man einen Bunsenbrenner einem Kasten aus Metallgaze, in dessen Innern sich ein geladener Körper befindet, so ist die Entladung nur gering, um so geringer, je enger die Maschen des Gewebes sind; sie würde Null sein, wenn keine Kraftlinie die Flamme erreichte. Bringt man dagegen die isolierte Flamme zwischen 2 Condensatorplatten, von denen die eine bis auf 800 Volt geladen ist, so ladet sich die zweite sehr bald auf Kosten der ersten, obwohl die Flammengase sie bei ruhiger Luft gar nicht erreichen. Umgiebt man die Flamme jetzt mit einem Cylinder von Drahtgewebe, das die Gase durchgehen läßt, die Kraftlinien aber aufhält, so hört die Ladung der zweiten Platte wieder auf. Eine Flamme im elektrischen Felde verhält sich also gerade so wie ein Bündel X-Strahlen: die Flammengase sind in derselben Weise wirksam wie röntgenisierte Luft. In Abwesenheit des Feldes ist die Flamme dagegen unwirksam.

Im Vacuum entladet ebenso ein weißglühender fester Körper (Platindraht, Bügel einer Glühlampe etc.) einen geladenen Leiter; beträgt der Druck 0,1 bis 0,5 mm, so tritt die Gleichheit der Potentiale fast augenblicklich ein, selbst wenn die beiden Körper 40 cm von einander entfernt sind. Im Crookeschen Vacuum entladet sich der Leiter nur, wenn er positiv geladen ist; das Umgekehrte gilt für den erhitzten Körper. Verschiedene Versuche deuten darauf hin, daß diese Entladungen in luftverdünnten Räumen durch Kathodenstrahlen verursacht werden. Darauf baut der Verf. die Hypothese auf, daß glühende Körper auch in gewöhnlicher Luft Kathodenstrahlen aussenden, die den Lenardschen gleichen, nur von sehr schwacher Spannung; die Entladungen würden dann erfolgen durch die Produktion von Strahlen, die den X-Strahlen analog sind. Auch die Entladung durch ultraviolettes Licht, sowie durch Luft, die mit Phosphor in Berührung steht, will der Verf. auf Kathodenstrahlen zurückführen. Da Lenardsche Strahlen die Luft rasch ozonisieren, so würde diese Hypothese auch die Bildung von Ozon durch Flammen, glühende Körper, elektrische Funken und durch Oxydation des Phosphors erklären.

Eine Fluorescenz von Aluminium- und Magnesiumelektroden in Wasser und Alkohol beobachtete TH. TOMMASINA (*C. R. CXXXIX, 957; 1899*). Eine eiförmige Glasröhre (frühere Vacuumröhre) wurde mit destilliertem Wasser gefüllt; die auf derselben Seite liegenden Aluminiumelektroden bildeten zwei Concavspiegel und waren mit dem positiven Pol eines Induktoriums verbunden, während ein Platindraht als Kathode diente. Im verdunkelten Zimmer fluorescierten die beiden Spiegel. Bei Verstärkung des Stromes war der Lichtschein so glänzend, daß er nicht nur das Wasser und das Glas, sondern auch die nächsten Gegenstände erleuchtete. Ersetzte man den Platindraht durch einen Aluminiumdraht, so wurde dieser auch leuchtend. Der Lichtschein hatte einen ausgeprägt pulsierenden

Charakter; unterbrach man den primären Strom mit der Hand, so machte der Extrastrom bei der Öffnung die Anode, beim Schluß die Kathode leuchtend. Auf einer photographischen Platte erhielt man in 32 Minuten ein deutliches Bild der beiden Spiegel, sowie die Umrisse der Röhre. Magnesium zeigte die Fluorescenz ebenfalls, wenn auch weniger stark, andere Metalle dagegen nicht. Von Flüssigkeiten konnte man auch Alkohol und schwach angesäuertes Wasser nehmen. Am lebhaftesten ist die Fluorescenz, wenn die Platten mit einer dünnen Oxydschicht bedeckt sind, doch konnten sie auch poliert sein. Wahrscheinlich ist aber die durch die sehr dünne dielektrische Oxydschicht gehende Entladung die Ursache der Fluorescenz. Schk.

**Magnetische Untersuchungen.** Wenn auch das Eisen als vorzüglichster Träger magnetischer Eigenschaften für die praktische Anwendung allein in Betracht kommt, so bietet die Untersuchung des magnetischen Verhaltens der andern Stoffe hohes wissenschaftliches Interesse. STEFAN MEYER bestimmte daher für eine große Zahl von Elementen und Verbindungen die Magnetisierungszahl und den Atommagnetismus (*Wied. Ann.* 68, 325; 69, 236; 1899). Mit einer eisenfreien Wage wurde der Zug, den ein mit dem pulverisierten Stoffe gefülltes Gläschen in einem Felde von 10000 C. G. S. erfuhr, durch Gewichte gemessen und mit dem Auftrieb desselben mit Quecksilber gefüllten Gläschens verglichen. Aus den Ergebnissen der Messungen sei hier Folgendes hervorgehoben. Die Verbindung zweier diamagnetischen Elemente ist immer diamagnetisch. Verbindungen zweier paramagnetischen Stoffe sind in der Regel paramagnetisch; bei schwach magnetischen Elementen kann jedoch auch Diamagnetismus entstehen. Außer der Gruppe *Cr, Mn, Fe, Co, Ni* giebt es noch eine andere Reihe von stark magnetischen Elementen, nämlich *La, Ce, Pr, Nd, Yb, Sa, Gd, Er*, in aufsteigender Linie stärker werdend. In analogen Verbindungen sind die letzten Elemente ebenso stark, ja noch stärker magnetisch als die erstgenannten; so ist z. B. *Er* in  $Er_2 O_3$  viermal so stark magnetisch als *Fe* in  $Fe_2 O_3$ .

Der Molekularmagnetismus der paramagnetischen Verbindungen ist kleiner als die Summe der Atommagnetismen der Teile. Die diamagnetischen Substanzen schienen mehr additiv sich zu verhalten. Bei den Halogenverbindungen wächst der Diamagnetismus mit steigendem Atomgewicht des Halogens. Bei gleichem Halogen wächst der Diamagnetismus der Alkalien mit dem Atomgewicht. Sauerstoff ist in den Oxyden diamagnetisch und drückt die Suszeptibilität herab. Letztere war bei sämtlichen Verbindungen unabhängig von der Feldstärke. Die Magnetisierbarkeit der Elemente ist abhängig vom Atomvolumen. Zeichnet man die Kurve, welche das Atomvolumen als Funktion des Atomgewichts darstellt, so findet man die stark magnetischen Elemente in den Minimis und dem diesen vorhergehenden, absteigenden Ast dieser Kurve, während die Stellen großen Atomvolumens diamagnetischem Verhalten entsprechen. Mit dieser Abhängigkeit vom Atomvolumen steht im Einklang, daß der Magnetismus mit sinkender Temperatur (Verkleinerung des Atomvolumens) zunimmt, sowie daß in Verbindungen, wo das Volumen zunimmt, die Suszeptibilität fällt. Die Maxima beider magnetischen Qualitäten sind in den Kurven allerdings etwas nach links verschoben; diese Verschiebung zeigt sich eigentümlicherweise auch in den Kurven, durch die Exner und Haschek die Abhängigkeit der Linienzahl der Funkenspektren vom Atomgewicht darstellten. Maxima und Minima der Linienzahl fallen danach gerade mit denen des Magnetismus zusammen.

Die von Herrn und Frau CURIE gefundenen strahlenden Stoffe Polonium und Radium zeigten sich in ihren Verbindungen als paramagnetisch. Sie dürften daher in einem Minimum des Atomvolumens ihren Platz finden, d. h. ein Atomgewicht zwischen 180 und 190 oder von 230 aufwärts haben.

Derselbe Verfasser untersuchte die Frage, ob neben den Molekularkräften, welche bei der Krystallisation sich betätigen, auch die richtende Kraft eines Magnetfeldes sich bemerkbar machen könne (*Wiener Akad. Ber.* CVIII, 573; *Naturw. Rdsch.* XV, 62; 1900). Die Frage konnte bejaht werden. So zeigte ein Gemisch von Kobaltsulphat und Zinksulphat im Magnetfelde lange, rote, prismatische Nadeln, die in Richtung der Kraftlinien angeordnet

waren. Dagegen krystallisierte Ferroammonsulphat so im Magnetfelde, daß die Spitzen der Längsaxen der Krystalle senkrecht zu den Kraftlinien standen. Ohne Feld war eine derartige Richtung nicht wahrzunehmen. Ferner krystallisierten die Tropfen der untersuchten Lösungen im Felde bedeutend rascher als außerhalb, was auch aus der Gleichrichtung der Teilchen durch den Magneten verständlich wird.

Der Einfluß hoher Temperaturen auf den Magnetismus des Eisens ist lange bekannt; in welcher Weise sehr tiefe Temperaturen bis zu  $-185^{\circ}$  darauf einwirken, untersuchte G. CLAUDE (*C. R. CXXIX, 409*). Er fand, daß bei der angewandten maximalen Induktion von ca. 15000 C. G. S. die Permeabilität bei  $-185^{\circ}$  sich um weniger als 2,5 Procent von der bei  $+25^{\circ}$  unterscheidet. Die Hysteresis ist gleichfalls sehr merklich constant; die beiden, bei  $+25^{\circ}$  und bei  $-185^{\circ}$  gezeichneten Kurven decken sich fast vollständig. Für ein Feld von 10000 C. G. S. schien die Permeabilität bei  $-185^{\circ}$  um 5 Proc. herabzugehen, doch konnten die Versuche darüber noch nicht beendet werden. Bei starken Induktionen scheinen also die Permeabilität und Hysteresis nahezu constant zu bleiben. Im Gegensatz dazu stehen die Ergebnisse von Dewar und Fleming, nach denen für schwache Induktionen die Permeabilität und Hysteresis sich mit abnehmender Temperatur sehr beträchtlich verringern.

Die Wirkung der Magnetisirung auf die Elastizität von Stäben untersuchten STEVENS und DORSEY (*Phys. Rev. IX, 116; 1899; Phys. Ztschr. I, 234; 1900*). In der Mitte des Stabes, der auf zwei verschiebbaren Stahlschneiden lag, wurde an einem Haken die eine Biegung verursachende Last gehängt; ein durch zwei Drahtspulen fließender Strom bewirkte die Magnetisirung. An der obern Fläche des Stabes befand sich einer der Spiegel eines Michelson'schen Interferometers; eine Bewegung des Stabes nach unten bewirkte eine Verschiebung der mit diesem erzeugten Interferenzstreifen. Aus den Messungen ergab sich, daß der Elastizitätsmodul von Schmiedeeisen und Stahl mit der Magnetisirung zunimmt.

Daß eine Flamme im magnetischen Felde eine elektromotorische Kraft erzeugt, teilt R. BLONDLOT mit (*C. R. CXXVIII, 1497; 1899*). Bringt man in eine fächerförmige Gasflamme an zwei symmetrische Punkte der Seitenränder die Pole eines Capillarelektrometers, so bleibt dieses, bis auf eine schwache oscillierende Bewegung des Quecksilbers, auf Null stehen. Bringt man die Flamme in ein magnetisches Feld, das von zwei 3 cm von einander entfernten parallelen Polplatten erzeugt wird, und zwar so, daß die Kraftlinien zur Ebene der Flamme senkrecht stehen, so wird das Elektrometer in einem bestimmten Sinne abgelenkt; kehrt man den Strom um, so findet die Ablenkung im entgegengesetzten Sinne statt. Zwischen den Seitenrändern der Flamme entsteht also eine elektromotorische Kraft, deren Richtung durch folgende Regel gegeben wird: Liegt eine Person horizontal in der Länge der Flamme auf der rechten Seite und betrachtet den Südpol des Magneten, so ist die elektromotorische Kraft von den Füßen zum Kopfe gerichtet.

Die Erscheinung erklärt sich in folgender Weise. Da die warmen Flammengase sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit senkrecht zu den Kraftlinien nach oben bewegen, so werden in ihnen Induktionsströme erzeugt, die sowohl senkrecht zur Kraft des Feldes als zur Translationsrichtung stehen; die elektromotorische Kraft folgt daher der Breite der Flamme, und ihre durch die bekannte Regel gegebene Richtung entspricht genau der Beobachtung.

Das von einer Geisslerschen Röhre ausgesandte rote Licht wird, wie DONGIER nachweist, im magnetischen Felde polarisiert (*C. R. CXXX, 244 und 650; 1900*). Am besten zeigten das mit Wasserstoff gefüllte Röhren, die man durch ein rotes Glas mit dem Savartschen Polariskop betrachtete. Das Magnetfeld steht normal zur Richtung der Axe der Röhre. Das Licht ist teilweise polarisiert; die größte Menge polarisierten Lichtes beobachtet man in einer Richtung  $A$ , die normal ist zu den Kraftlinien und so liegt, daß der die Röhre ansehende Beobachter den Vektor, der die Feldrichtung anzeigt, durch eine Drehung um  $90^{\circ}$  entgegengesetzt dem Uhrzeiger mit der Entladungsrichtung der Röhre zur Coincidenz bringen kann. In dieser Richtung erscheinen die Savartschen Interferenzstreifen am deutlichsten, während sie in der entgegengesetzten Richtung verschwinden. Das

Verhältnis des polarisierten Lichts ändert sich in kontinuierlicher Weise mit dem Winkel  $\alpha$ , den die Richtung  $A$  mit irgend einer andern Beobachtungsrichtung bildet. Findet die Beobachtung in der Richtung des Feldes statt ( $\alpha = 90^\circ$ ), so ist die Menge des polarisierten Lichtes unabhängig von den Richtungen der Entladung und des Feldes. Die Deutlichkeit der Streifen nimmt zu mit der Feldstärke. In der Richtung  $A$  und bei der günstigsten Stellung des Polarisikops (Streifen parallel oder senkrecht zum Felde) wurde erst bei Feldern unter 650 C. G. S. ein Verschwinden der Streifen beobachtet. Röhren, die mit andern Gasen gefüllt waren, zeigten die Streifen auch, doch weniger deutlich als die mit Wasserstoff gefüllten.

Schk.

**Analyse von Funkenentladungen.** JUL. H. WEST hat die Funkenentladungen eines 35 cm Induktors, um die Erscheinung in ihre einzelnen Teile zu zerlegen, mit einem Mutographen der „Deutschen Mutoskop- und Biograph-Gesellschaft“ aufgenommen. (*E. T. Z.* 20, 747; 1899).

Die von einem Elektromotor bewegte Achse des Mutographen macht 28 bis 40 Umdrehungen in der Sekunde. Auf der Achse sitzt eine Blende, die aus zwei halbkreisförmigen Aluminiumscheiben  $a$  und  $b$  besteht (Fig. 1), die so gegeneinander verstellbar sind, daß man die Blendenöffnung innerhalb der Grenzen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  ändern kann. Vor der Blende sitzt das Objektiv  $O$ , und hinter der Blende bewegt sich der 68 mm breite Filmstreifen von oben nach unten an dem Objektiv vorbei. Bei den gewöhnlichen Aufnahmen bewegt sich der Film stofsweise, er steht still, so lange die Blendenöffnung am Objektiv vorbeigeht, und verschiebt sich während der übrigen Zeit einer Achsenumdrehung um eine Bildbreite. Die bei dieser stofsweisen Filmbewegung gemachten Aufnahmen von Funkenentladungen sind ohne beson-

deren Wert. Einige Aufschlüsse geben hingegen die Aufnahmen WESTS, bei denen sich der Filmstreifen mit den unveränderlichen Geschwindigkeiten von 2 m und 6,7 m in der Sekunde und mit einer von 0,7 m bis 3,1 m in der Sekunde zunehmenden Geschwindigkeit bewegte. Es berührt sich dieses Verfahren im wesentlichen mit dem von WALTER benutzten (*diese Zeitschrift* XII, 290; 1899). Jede Unterbrechung des primären Stromes giebt im allgemeinen einen einfachen unverzweigten Funken von sehr kurzer Dauer und jeder neue Funke folgt im allgemeinen ziemlich genau dem Wege seines Vorgängers. Ab und zu bricht sich ein Funke einen neuen Weg. Die stark erwärmte und daher stark verdünnte Luft der einmal durchgeschlagenen Strecke bietet einen geringeren Widerstand als die kalte Luft, so daß die Funken fast immer den einmal gebahnten Weg wieder einschlagen. Da die erwärmte Luft nach oben steigt, sind im allgemeinen die Funken nach oben durchgebogen. Aus seinen

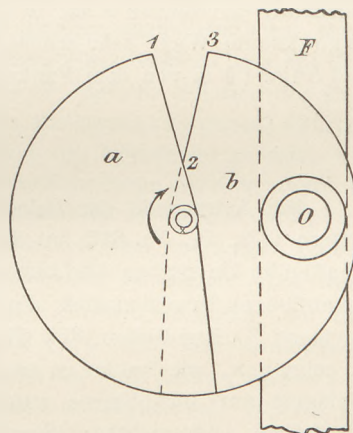


Fig. 1.

Aufnahmen leitet WEST  $\frac{1}{167500}$  bis  $\frac{1}{134000}$  Sek. als obere Grenze für die Dauer der Ent-

ladungsfunken her, die Breite der Funken in der Luft berechnet er auf 0,2 bis 2 mm. Doch sind die Funken nicht immer in ihrer ganzen Länge gleich stark und gleich breit, vielfach sind sie in oder nahe der Mitte am leuchtendsten und breitesten, zuweilen wechseln hellere und dunklere Stellen mit einander ab und namentlich kommt es öfter vor, daß kleine hellere Knotenpunkte im Funkenbild auftreten, gleich als wenn der Funke Staub oder Metallteilchen, die frei in der Luft schwebten, zum Glühen oder Verdampfen gebracht hätte. Oft treten für eine Unterbrechung des primären Stromes mehrere Funken auf, die in sehr kurzen Zwischenräumen aufeinanderfolgen, dabei kommen zuweilen Verzweigungen und Verästelungen vor, die sich mitunter wieder vereinigen, manchmal auch blind endigen. Den Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Funken schätzt West auf mindestens  $\frac{1}{50000}$  Sek. Die blind in der Luft endigenden Funken dienen den nachfolgenden ganzen Funken als Wegbahner.

Die bei geringerer Schlagweite in dem zusammenhängenden Funkenstrom auftretenden Funken sind von den großen Funken recht verschieden, sie sind im allgemeinen [zwar breiter aber lichtschwächer und ändern ihre Gestalt erheblich langsamer. Mehrfachfunken, Verzweigungen und Verästelungen kommen hier nie vor. Dagegen reissen die Funken öfters ab und zwar gewöhnlich mehrere hinter einander an derselben Stelle.

WEST glaubt aus seinen Aufnahmen folgern zu dürfen, daß die Unterbrechungen des Wehnelt-Unterbrechers, den er benutzte, verschieden schnell erfolgen und ungleich vollkommen sind. Ohne diese Angaben bestreiten zu wollen, sei jedoch darauf hingewiesen, daß sie aus den Aufnahmen allein nicht rein erkannt werden können, so lange nicht der Einfluß etwaiger unregelmäßiger Bewegungen des Filmstreifens auf die Aufnahmen genau festgestellt ist. Überhaupt läßt sich gegen die Untersuchung der Gestalt der Entladungsfunken mittels solcher photographischen Aufnahmen der Einwand erheben, daß man aus der Kenntnis nur einer Projektion eines Raumgebildes, dessen wahre Gestalt nicht sicher herleiten kann. Ob stereoskopische Aufnahmen ausführbar sind, vermag ich nicht zu beurteilen.

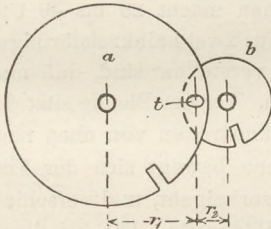


Fig. 2.

WEST hat ferner eine Vorrichtung (Fig. 2) hergestellt, mit der man einen einzelnen Funken sehen kann. Vor einer länglichrunden Röhre  $t$  von  $10 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$  lichter Weite, die auf die Funkenstrecke gerichtet wird und das Seitenlicht abblendet, drehen sich zwei teilweise übereinander greifende Blenden  $a$  und  $b$ , von denen  $a$  25 und  $b$  3 Umdrehungen in der Sekunde macht. Die Entfernung  $r_1$  ist  $= 17,5 \text{ cm}$  und  $r_2 = 6 \text{ cm}$ . Der

Einschnitt der Blende  $a$  ist  $19 \text{ mm}$  und der der Blende  $b$   $7 \text{ mm}$  breit. Bei  $20 \text{ cm}$  Funkenlänge konnte WEST sehr schöne und vollkommen scharf gezeichnete Funken sehen, wenn sein Auge  $1,9 \text{ m}$  von dem Funkeninduktor entfernt war. H.-M.

### 3. Geschichte.

**Die Astronomie der Griechen.** Im Programm des K. Realgymnasiums zu Stuttgart (Ostern 1899, Pr. No. 637) hat H. STAIGMÜLLER „Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften im klassischen Altertum“ veröffentlicht. Auf Grund genauester Sachkenntnis weist er die abfälligen Urteile zurück, die von C. v. Littrow (Rektorsrede, Wien 1869) und von Du Bois-Reymond (D. Rundschau 1877) über die Naturforschung der Alten ausgesprochen worden sind. Er zeigt u. a., wie haltlos es sei, die Astronomie des Ptolemäus deshalb zu tadeln, weil im Almagest nur 1028 Sterne aufgeführt seien, während Argelander auf seiner Karte 3256 mit freiem Auge sichtbare Sterne verzeichne. Denn Ptolemäus führe nur die Sterne auf, für die zu seiner Zeit die ekliptischen Koordinaten mit hinreichender Genauigkeit bestimmt gewesen seien, und daß dies schon zu jener Zeit für eine so große Zahl von Sternen geschehen ist, muß vielmehr unsere höchste Bewunderung erregen. Die größte Leistung der Griechen bleibt aber die Lösung des astronomischen Grundproblems von der Gestalt und Bewegung der Erde. Der kühne Gedanke, daß die Erde eine frei im Raum schwebende Kugel sei, ist zuerst von einem Griechen gedacht worden, und nicht etwa auf ägyptische oder chaldäische Quellen zurückzuführen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist Pythagoras selbst es gewesen, der diesen Gedanken faßte; denn vor ihm ist die Lehre von der Kugelgestalt der Erde nicht nachweisbar, während sie schon der zweiten oder dritten Generation der pythagoreischen Schule völlig geläufig ist. Ein zweiter Schritt ist in dem System des Philolaus vollzogen: die Erde ist aus dem Mittelpunkt des Weltalls verstoßen, sie bewegt sich im Laufe eines Tages um das Centralfeuer, und zwar in einem Kreise, der in der Ebene des Himmelsäquators liegt, wobei sie dem Centralfeuer stets dieselbe Seite zuwendet. Der Erde gegenüber beschreibt die Gegenerde ihren Kreis, weiter hinaus liegen die Sphären der sieben Planeten (Mond, Sonne, Venus, Merkur, Mars, Jupiter, Saturn) und die Fixsternsphäre. Auch dies System des Philolaus ist nach den Darlegungen des Verfassers auf



Pythagoras selbst zurückzuführen. Spielten bei der Aufstellung auch spekulative Gründe (die vollkommene Zahl 10) mit, so erklärte das System doch zugleich die scheinbare tägliche Drehung des Fixsternhimmels, und da es die Erdbahn als schief zu den Kreisen der Planeten voraussetzte, auch mit genügender Annäherung die Bewegungen der Planeten. Die ganze Conception aber entsprang nicht einer willkürlichen Phantasie, sondern der Analogie mit der Mondbewegung. Auch der Mond bewegte sich im Kreise um ein Centrum, dem er stets die gleiche Seite zukehrte, und auch auf ihm trat während dieser Bewegung ein Wechsel in der Beleuchtung auf, der unserm Wechsel von Tag und Nacht vollständig entsprach. War also die Kugelgestalt der Erde einmal erkannt, so lag es für Pythagoras nicht allzufern, den Wechsel von Tag und Nacht bei der Erde auf die gleiche Art und Weise zu erklären, die er beim Monde vor seinen Augen sich abspielen sah. Eben dieses System des Philolaus hat bekanntlich nachmals Copernicus dazu veranlaßt, die Möglichkeit einer Bewegung der Erde ins Auge zu fassen („Inde igitur occasionem nactus, coepi et ego de terrae mobilitate cogitare“).

Die Stellung Platos zur Lehre von der Bewegung der Erde ist vielfach Gegenstand der Diskussion gewesen. Der Verfasser entscheidet sich dafür, daß die bei Plato herrschende Doppeldeutigkeit der Ausdrücke eine absichtliche sei, die Plato gewählt habe, um nicht die religiöse Intoleranz der herrschenden Volkspartei herauszufordern. Nimmt man hinzu, was Plato in der Schrift von den Gesetzen ausführt und was Plutarch über Platos astronomische Auffassung mitteilt, so ergibt sich als unzweifelhaft, daß Plato zuletzt das philolaische System vertreten hat.

Plato hatte den Mathematikern unter seinen Schülern die Aufgabe gestellt, die scheinbaren Bewegungen der Gestirne auf gleichförmige Kreisbewegungen zurückzuführen. Diese Aufgabe löste Herakleides Pontikos zunächst durch Aufstellung eines Systems, das mit dem von Tycho Brahe im wesentlichen übereinstimmt. Er lehrte die tägliche Rotation der Erde und nahm an, daß Merkur und Venus sich um die Sonne als Mittelpunkt bewegen, während die Sonne selber die Erde umkreist. Dieses System, fälschlich das ägyptische genannt, war in Rom zur Zeit des Vitruvius allgemein bekannt. Eine unverständliche Stelle des Neuplatonikers Chalkidios findet von diesem Gesichtspunkt aus durch den Verfasser eine völlig befriedigende Deutung. Eben demselben Herakleides muß aber auch das Verdienst zuerkannt werden, den Grundgedanken des copernikanischen Systems ausgesprochen zu haben. Die neue Ausgabe des Aristoteles-Commentators Simplicius durch die Berliner Akademie hat den unwidersprechlichen Nachweis hierfür ermöglicht (Comm. vol IX p. 292). Daß Herakleides daneben doch auch das tychonische System gelehrt hat, erklärt der Verf. daraus, daß es dem „Astronomen“ nur zukam zu untersuchen, auf wie viele Arten es möglich sei, daß die Erscheinungen zu stande kommen, während es nach griechischer Anschauung Sache des „Physikers“ war zu entscheiden, welche von den möglichen Hypothesen der Wirklichkeit entspreche. Herakleides hat ganz im Sinn der heutigen Physik versucht, die Erscheinungen „vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben“, er darf daher als einer der hervorragendsten Naturforscher, auch im modernen Sinn des Wortes bezeichnet werden.

Ein volles Jahrhundert nach Herakleides begegnen wir in Aristarch von Samos wieder einem Vertreter des copernikanischen Systems; er wird sogar in fast allen Lehrbüchern als der erste bezeichnet, der dieses System aufgestellt hat. Aus der von Archimedes (in der Einleitung zur Sandrechnung) über ihn gemachten Mitteilung geht hervor, daß er das Fehlen jeder Fixsternparallaxe aus der verschwindenden Kleinheit der Erde gegen die Dimensionen des Fixsternhimmels erklärte und damit den gewichtigsten Einwand gegen sein System zurückwies. Man kann freilich einwenden, daß Herakleides und Aristarch ihre Theorie nicht bewiesen haben; aber derselbe Einwurf träfe auch Copernikus, der für sein System auch noch nichts anderes als die grosse Einfachheit geltend machen konnte. Man wird daher zugestehen müssen, daß die Verdienste eines Herakleides und Aristarch an die eines Copernikus heranreichen. Dadurch wird die Größe des Copernikus, die in der

„seltenen Verbindung“ kühnen Forschens und fleißigen, jahrelangen stillen Arbeitens“ liegt nicht geschmälert.

Auffallen muß es, daß nach solchen Leistungen von Herakleides und Aristarch grade die größten beobachtenden Astronomen des späteren Griechentums das von jenen geschaffene System verlassen haben. Es ist aber zu beachten, daß die geocentrische Auffassung eine direkte Anwendung der Formeln der sphärischen Trigonometrie zuließ und daß daher die beobachtenden und rechnenden Astronomen die Epicykeltheorie vorzogen, ohne doch darin mehr zu erblicken als die für den beobachtenden Astronomen passendste Hypothese. —

Es verdient Erwähnung, daß der hervorragende Mailänder Astronom Schiaparelli in seiner Schrift *I precursori di Copernico nell' antichità* (deutsch von M. Curtze, Leipzig 1876) zu einer gleichen Würdigung der griechischen Astronomie gelangt ist. Man vgl. hierzu auch einen Aufsatz von W. Förster in „Himmel und Erde“, 1899 Heft 7, worin über neuerdings veröffentlichte historische Forschungen von Schiaparelli berichtet ist. P.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Eine Ableitung der Pendelformel<sup>1)</sup>.** In der *Naturwissenschaftl. Wochenschrift* (XI, S. 73, 1896) hat SCHUBERT eine Ableitung der Pendelformel gegeben, die vor andern Herleitungen den Vorzug hat, daß man nicht auf unendlich kleine Schwingungen beschränkt ist, sondern ihnen eine beliebige Größe geben kann. Für die Zeit  $t$  ergibt sich dann zuerst die Ungleichung:

$$1) \quad \pi \sqrt{\frac{l}{g}} < t < \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

Diese beiden Grenzen  $\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  und  $\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}}$  unterscheiden sich um ca. 1%, 2%, 3% bei einer Schwingungsweite  $2\alpha = 32^\circ, 46^\circ, 56^\circ$ . Ferner ergibt sich:

$$2) \quad \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left[ 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] < t < \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

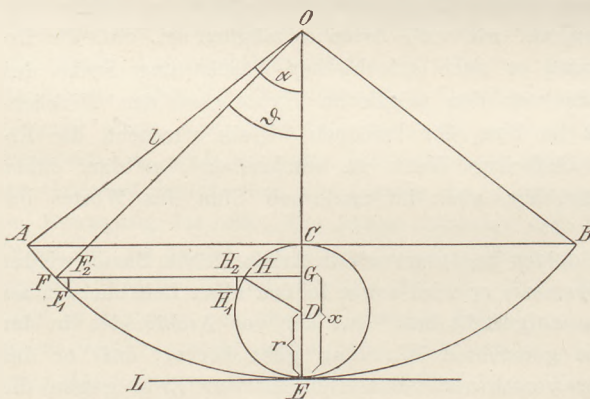
Bei dieser Ungleichung steigt der Unterschied der beiden Grenzwerte noch nicht auf 2%, wenn  $2\alpha = 60^\circ$  gesetzt wird. Im Unterricht wird man meistens mit den beiden ersten Grenzwerten auskommen.

Wenn das Pendel von  $A$  nach  $F$  fällt (s. Fig.), so erhält es dieselbe Geschwindigkeit  $v$ , wie wenn es von  $C$  nach  $G$  gefallen wäre, es ist also

$$v = \sqrt{2g(2r-x)}$$

Mit dieser Geschwindigkeit durchläuft es den Bogen  $FF_1$  in der Zeit  $\tau$ , also ist

$$\tau = \frac{FF_1}{\sqrt{2g(2r-x)}}$$



<sup>1)</sup> *Ann. der Redaktion.* Herr Gymn.-Professor M. Vodnock in Laibach teilt uns mit, daß er die Formel  $T = \pi \sqrt{\frac{l}{g \cos \frac{\alpha}{2}}}$  bereits in seinen Grundzügen der theoretischen Astronomie (Laibach 1890 bei Kleinmayr und Bamberg) aufgestellt und auch ihre Güte nachgewiesen habe.

Aus der Figur ergibt sich, daß das Dreieck  $FF_1F_2$  ähnlich dem Dreieck  $FOG$  und  $FF_1:F_1F_2=l:FG=l:\sqrt{x(2l-x)}$  ist. Damit ist

$$\tau = \frac{F_1F_2 \cdot l}{\sqrt{2g(2r-x)} \sqrt{x(2l-x)}} = \frac{H_1H_2 \cdot l}{\sqrt{2g(2r-x)} \sqrt{x(2l-x)}}.$$

Weil  $\triangle H_1H_2H \sim HGD$  und  $H_1H_2:HH_1=HG:r=\sqrt{x(2r-x)}:r$  ist, so ergibt sich weiter

$$\tau = \frac{HH_1 \sqrt{x(2r-x)} \cdot l}{r \sqrt{2g(2r-x)} \sqrt{x(2l-x)}} = \frac{HH_1 \cdot l}{r \sqrt{2g(2l-x)}} = \sqrt{\frac{l}{g}} \cdot \frac{HH_1}{2r \sqrt{1-\frac{x}{2l}}}.$$

Da nun  $x=l-l \cos \vartheta=2l \sin^2 \frac{\vartheta}{2}$  ist, so hat man endlich

$$\tau = \sqrt{\frac{l}{g}} \frac{HH_1}{2r \cos \frac{\vartheta}{2}}.$$

Berechnet man jetzt die Schwingungsdauer  $t = \Sigma \tau$ , so hat man  $\Sigma \frac{HH_1}{\cos \frac{\vartheta}{2}}$  zu bilden. Hierfür

erhält man zwei Grenzen, eine obere, wenn man überall  $\vartheta=0$  setzt und eine untere, wenn überall  $\vartheta=\alpha$  ist. Die obere Grenze lautet dann  $\Sigma HH_1=2r\pi$ , die untere  $\Sigma \frac{HH_1}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{2r\pi}{\cos \frac{\alpha}{2}}$

und daraus ergibt sich endlich

$$\sqrt{\frac{l}{g}} \pi < t < \sqrt{\frac{l}{g}} \frac{\pi}{\cos \frac{\alpha}{2}}.$$

Für die zweite Bestimmung der unteren Grenze verfährt Schubert folgendermaßen. In dem Bruch  $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{x}{2l}}}$ , in dem  $\frac{x}{2l}$  ein — meist sehr kleiner — echter Bruch ist, wird der

Radikand durch 'den Summanden  $\frac{x^2}{16l^2}$  zu einem Quadrat gemacht. Dadurch erhält man

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{x}{2l}}} > \frac{1}{1-\frac{x}{4l}} = \frac{1+\frac{x}{4l}}{1-\frac{x^2}{16l^2}} > 1 + \frac{x}{4l} \text{ und}$$

$$\tau > \sqrt{\frac{l}{g}} \left[ \frac{HH_1}{2r} + \frac{HH_1 x}{2r \cdot 4l} \right]$$

Nach dem Satz von den statischen Momenten gilt nun bezüglich der Tangente  $l$  im Punkte  $E$ ,  $\Sigma HH_1 \cdot x = 2r\pi \cdot r = 2r^2\pi$  und man erhält

$$t > \sqrt{\frac{l}{g}} \left[ \pi + \frac{r\pi}{4l} \right] = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left[ 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right],$$

da  $r = \frac{l-l \cos \alpha}{2} = l \sin^2 \frac{\alpha}{2}$  ist.

Damit hat man endlich die Schlufsformel:

$$\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left[ 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] < t < \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}}.$$

A. S.

Anm. Hierbei sei auch auf die Verbesserung der Formel  $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  verwiesen, die Ed. Maiss angegeben hat (cf. diese Zeitschrift XIII 71 Anm.), und die darauf beruht (Fig. 55 bei Joemann § 61), dafs statt der Beschleunigung  $\frac{g}{l}$  s der richtige Wert  $\frac{g}{l}$  s  $\cos E l A$  berücksichtigt und durch den Mittelwert  $\frac{g}{l}$  s  $\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{g}{l}$  s  $\cos M B A$  ersetzt wird. Dann ist

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g \cos \frac{\alpha}{2}}} = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left( 1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right)^{-\frac{1}{4}} = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left( 1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right).$$

**Die neue Atomgewichtstabelle.** In einem gedruckt vorliegenden Vortrage: „Über das Ungeeignete der neuerdings für die Berechnung der Atomgewichte vorgeschlagenen Grundzahl 16,000“ (Hamburg u. Leipzig, L. Vofs, 1900) macht LASSAR-COHN in Königsberg energisch Front gegen die neue Atomgewichtstabelle der Deutschen Chemischen Gesellschaft. Er weist an der Hand der Sitzungsberichte in geschickter Weise nach, wie die ganze schwerwiegende Änderung nur einem Zufall — nämlich der Anfrage des Reichsgesundheitsamtes (vgl. ds. Ztschr. XII 186) — und durchaus nicht einem wissenschaftlichen Bedürfnis entsprungen sei. Indem man aber die neuen Vorschläge acceptiert, die Zahl 1 für den Wasserstoff um ein Hundertstel vergrößert, kommt man zu einer Zahlenreihe für die Atomgewichte, in der die Zahl 1 als solche überhaupt nicht vorkommt. Dadurch verliert diese Zahlenreihe ihren festen Untergrund, man gelangt zu einer „hinkenden Atomgewichtstabelle“. Wie wenig der Vorstand der D. Chem. Gesellschaft in der Anfrage anfänglich etwas gesehen hat, was alle Chemiker angeht, geht übrigens daraus hervor, dafs in der Commission (H. Landolt, W. Ostwald, K. Seubert) kein einziger Organiker vertreten war. — Es werden sodann die auch von uns (XII 187f.) kurz wiedergegebenen Gutachten der Commission in extenso mitgeteilt und einer gründlichen Kritik unterzogen. Gegenüber Ostwald, — der sich darauf beruft, dafs schon Berzelius die Zahl 100 für den Sauerstoff gewählt habe — bemerkt der Verf., dafs zwar gegen die Zahl 100 an sich nichts einzuwenden sei, dafs aber Berzelius eben nur die Zahlen 1, 10 und 100 in Betracht gezogen habe, während die jetzt vorgeschlagene Zahl 16 etwas so Gesuchtes habe, dafs ihre Wahl von vornherein gar nicht einzusehen ist. Die Zahl 16 ist doch weiter nichts als ein ungerechtfertigter Compromifs zwischen dem, was die Chemiker im Herzen alle wünschen, und der rauhen Wirklichkeit. Man hat aber die Zahl 100 dennoch wieder verlassen und ist zum Wasserstoff = 1 übergegangen, weil diese Einheit sich viel brauchbarer auf den allerverschiedensten Gebieten der Chemie erweist; denn mit ihrer Annahme kommt man sogleich zu drei Einheiten: der Wasserstoff als leichtester aller Körper ist verwertbar 1. als Einheit der Atomgewichtstabelle, 2. als Einheit der Wertigkeit der Elemente, 3. als Einheit für die spezifischen Gewichte der Gase. Die weitere Betrachtung lehrt schliesslich nur, dafs der endgültige Grund zur Einführung der Zahl 16 nichts anderes ist, als die mangelhafte Leistungsfähigkeit der analytischen Chemie, die das Verhältnis zwischen Wasserstoff und Sauerstoff im Wasser nur bis auf 0,001 Einheiten bisher sicher zu bestimmen vermocht hat — übrigens eine Genauigkeit, die gröfser ist als die aller für gewöhnlich ausgeführten Analysen. Da nun K. Seubert erklärte „der von Morley ermittelte Wert  $O:H = 15,879:1$  kann als so genau bestimmt und sicher gelten, dafs eine Abänderung desselben auf Grund neuer zuverlässigerer Versuche für eine Reihe von Jahren nicht vorzunehmen sein wird“, so ist es gewifs nichts Unerhörtes, wenn die gegenwärtig geltenden Atomgewichte später einmal wieder umgerechnet werden,

wie im Jahre 1883 eine Umrechnung auf Sauerstoff = 15,96 stattfand. Die Erklärungen von K. Seubert treten überhaupt nicht ernstlich für  $O = 16$  ein (vergl. auch ds. Ztschr. XII 188); als Hauptvorteil wird angesehen, daß die Berechnung der Analysen sich etwas bequemer gestaltet. LASSAR-COHN erachtet es andererseits als einen Übelstand, wenn man bei der Berechnung der Formeln zu jeder Elementaranalyse mit  $H = 1,01$  rechnen soll. Was die Bequemlichkeit anlangt, so macht der Verfasser den Vorschlag, die D. Chem. Ges. solle die Kohlmann-Ferriesschen Tabellen auf die Zahlen  $H = 1$  und  $O = 15,879$  umrechnen und sonst noch erweitern lassen.

Verfasser stimmt nun vollkommen dem Urteil H. Landolts zu, daß für Unterrichtszwecke nur  $H = 1$  die formelle Grundlage bei der Besprechung der Lehre von den Atom- und Molekulargewichten sein könne. Wollte man aber demgemäß verfahren, so bekämen wir in der Chemie Verhältnisse, wie sie der plötzliche Erlaß der Puttkamerschen Orthographie sr. Zt. herbeigeführt hat. Im ganzen stehen also die Vorteile der neuen Tabelle in keinem Verhältnis zu den Schwierigkeiten, die dem chemischen Unterricht daraus erwachsen, sowie zu dem Faktum, daß plötzlich die gesamte bisherige Litteratur veraltet erscheint. — Verfasser macht schließlicly den Vorschlag, es sollten sich alle Fachkollegen vereinigen, welche meinen, daß — nachdem das Verhältnis von  $H$  zu  $O$  bis auf die dritte Dezimale genau bestimmt ist — der Wasserstoff auch jetzt als Einheit der Atomgewichte mit zwei Stellen hinter dem Komma vollkommen ausreiche; es sollte ferner durch eine neue Commission, in der alle Zweige der Chemie vertreten sind, die Sache von neuem entschieden werden. Da übrigens nach neuerlicher Mitteilung (Ber. D. Chem. Ges. 1900, 8. Jan.) die Angelegenheit thatsächlich noch einmal in einer internationalen Commission zur Beratung kommen wird, so ist zu hoffen, daß die Frage wirklich im Sinne der Vorschläge des Verfassers entschieden werde. Daß eine solche Entscheidung durchaus im Interesse des Unterrichts an den höheren Lehranstalten liegt, mag hier noch ausdrücklich hervorgehoben werden. ()

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Telegraphie ohne Draht.** MARCONI hat eine Reihe neuer Patente angemeldet (*E. T. Z.* 21. 10. 1900). Die wichtigsten Neuerungen für die er Schutz beansprucht, sind folgende: Um den empfindlichen Empfänger gegen störende Einflüsse zu schirmen, die bei einer Aufstellung in der Nähe des Funkengebers eintreten können, schließt MARCONI den Empfänger in ein mit einer kleinen Öffnung versehenes Gehäuse von 0,16 cm starkem Eisenblech ein. MARCONI ist der Ansicht, daß die Wirkung elektrischer Schwingungen auf den unvollkommenen Contact sehr erheblich mit der E.M.K. der Schwingungen, aber nicht mit deren Menge wächst. Durch Erhöhung der E.M.K. der empfangenen Schwingungen auf Kosten ihrer Menge vergrößert sich bedeutend die Entfernung, auf die man Zeichen unter sonst gleichen Verhältnissen übermitteln kann. MARCONI erreicht dies durch folgende Anordnung (Fig. 1):  $A$  ist ein langer mittels Isolatoren in der Luft ausgespannter Leiter;  $E$  stellt die Verbindung mit der Erde oder mit einer Capacität dar.  $B$  ist die Ortsbatterie und  $R$  das Relais, das den Telegraphenapparat in Thätigkeit setzt.  $p$  ist die primäre und  $s$  die sekundäre Wicklung eines Transformators. Der Condensator  $C$  ist dem Empfänger  $K$  und der sekundären Wicklung  $s$  parallel geschaltet.  $D_1$  und  $D_2$  sind Dämpfungsspulen, die verhindern sollen, daß die in der Wicklung  $s$  erzeugten Schwingungen in die Batterieverbinder

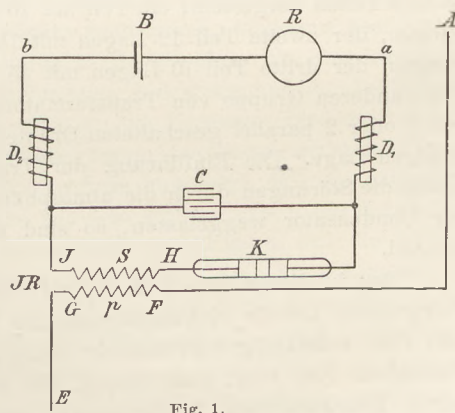


Fig. 1.

dungen bei  $a$  und  $b$  übertreten und hierdurch die Wirkung der Schwingungen auf den Empfänger  $K$  abschwächen.

Die eine Belegung des Condensators besteht aus drei Platten Kupferblatt von  $3,75 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$  Größe und die andere aus zwei Platten von gleichen Abmessungen. Der Leiter  $A$  besteht aus 7 etwa 1 mm starken Kupferdrähten und ist 43 m lang. Die Spitze des Leiters befindet sich etwa in 30 m Höhe über der Erde. In einzelnen Fällen kann man an Stelle dieses Leiters ein Netzwerk aus galvanisiertem Eisen verwenden, das etwa 0,6 m breit und 40 m lang und dessen Spitze etwa 34 m hoch ist. Der Transformator ist nur dann brauchbar, wenn er auf einen Kern von geeignetem Durchmesser gewickelt ist. Die Zahl der Windungen jeder Lage muß sorgfältig bestimmt werden. Ist die Rolle länger als 2 cm, so müssen, sofern nicht die sekundäre Wickelung in verschiedenen Teilen hergestellt wird, beide Wickelungen in derselben Lage liegen. Ist hingegen die Rolle kürzer als 1 cm, so ist es vorteilhaft, wenn die primäre und die sekundäre Wickelung verschiedene Lagen haben und die Zahl

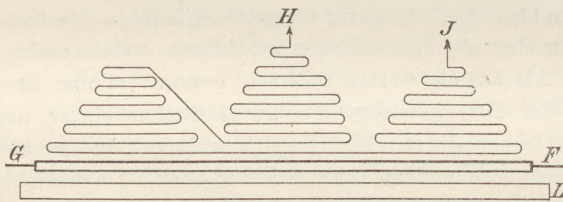


Fig. 2.

der Windungen mit der wachsenden Entfernung von der primären Wickelung abnimmt. In Fig. 2 ist die Bauart des Transformators, der die besten Ergebnisse liefert, schematisch dargestellt. Die primäre Wickelung  $p$  ist durch starke und die sekundäre durch schwache Linien kenntlich gemacht; in Wirklichkeit haben die Drähte beider Wickelungen gewöhnlich gleichen Durchmesser. Der Deutlichkeit halber sind die einzelnen Wickelungen nicht als gerade Linien oder als kleine Kreise, wie sie thatsächlich bei einem Längs- oder Querschnitt erscheinen würden, sondern als eine fortlaufende Linie gezeichnet. Jede wagrechte Linie stellt eine Drahtlage dar, während die Länge der Linien die Zahl der Windungen der einzelnen Lagen erkennen läßt; die Stellung der die sekundäre Wickelung bezeichnenden Linien giebt die Reihenfolge der Entfernungen der Lagen von der primären Wickelung an. Die Bezeichnungen  $F$ ,  $G$ ,  $H$  und  $J$  entsprechen den gleichen Buchstaben in Fig. 1.  $L$  ist eine Glasröhre, die den Kern des Transformators bildet. Die Drähte sind durch Seidenüberzug isoliert. Der in Fig. 2 dargestellte Transformator hat einen Glaskern von 0,935 cm Durchmesser. Der Draht beider Wickelungen ist 0,001 cm stark. Die primäre Wickelung besteht aus 2 parallel geschalteten Lagen von je 160 Windungen. Die sekundäre Wickelung ist in 3 Teilen hergestellt; ein Teil hat 10 Lagen mit 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 12 und 5 Windungen, der zweite Teil 12 Lagen mit 150, 40, 39, 37, 35, 33, 29, 25, 21, 15, 10 und 5 Windungen, der dritte Teil 10 Lagen mit 45, 40, 35, 30, 25, 20, 17, 15 und 14 Windungen. Bei einer anderen Gruppe von Transformatoren besteht die primäre Wickelung aus einer Lage von 3 oder 2 parallel geschalteten Drähten und die sekundäre Wickelung ebenfalls aus einer einzigen Lage. Die Einführung der Transformatoren verbessert die Zeichengebung und macht die Störungen durch die atmosphärische Elektrizität in hohem Maße unwirksam. Wird der Condensator weggelassen, so sind die erzielten Ergebnisse weit weniger zufriedenstellend.

Der in dieser Zeitschrift 12, 305; 1898 erwähnte Vortrag von SIDNEY EVERSHED über Telegraphie mittels elektromagnetischer Induktion ist inzwischen in der *E. T. Z.* 20. 403 u. 420; 1899 vollständig veröffentlicht worden. Das *a. a. O.* 459, 1899 beschriebene verbesserte Photophon von Prof. BELL besitzt bis jetzt keinen praktischen Wert, denn die bisher damit überwundenen Entfernungen übersteigen kaum die Rufweite der menschlichen Stimme.

H.-M.

**Wehnelt'scher Unterbrecher.** In *Wied. Ann.* 68, 233; 1899 hat A. WEHNELT eine eingehende Untersuchung über seinen Unterbrecher (vgl. d. Zeitschr. XII, 173 u. 243; 1899) veröffentlicht, die zu folgenden Ergebnissen führt: Die Selbstinduktion ist das Bedingende der

Unterbrechungserscheinungen. Zur Erhöhung der Stromstärke kann man, statt die Drahtoberfläche zu vergrößern, auch mehrere aktive positive Elektroden neben einander in die Flüssigkeit setzen und beliebig viele davon parallel schalten. (Vgl. *Nature* 59, 438; 1899.) Die Unterbrechungszahlen, die WEHNELT nach dem stroboskopischen Verfahren bis zu 2200 in der Sekunde bestimmt hat, wuchsen mit der Verminderung der Selbstinduktion und mit der Erhöhung der Spannung. Bei der Benutzung von Wechselstrom empfiehlt es sich, die inaktive negative Elektrode nach L. Grätz (*Wied. Ann.* 62, 323; 1897) aus Aluminium herzustellen und außerdem, je nach der Höhe der angewandten Spannung, einige Grätzsche Zellen vorzuschalten. Von allen untersuchten Elektrolyten (Pottasche-, Soda-, Kali-, Natronlösungen und verdünnter Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure) erwies sich die verdünnte Schwefelsäure von 20 bis 25° Bè. (Dichte 1,16 bis 1,2) am vorteilhaftesten. Von allen als aktive Elektrode benutzten Metallen: Kupfer, Messing, Blei, Aluminium und Platin war einzig das letztere brauchbar. Bei einer Temperaturerhöhung des Elektrolyten bis auf 70° C. war kein wesentlicher Einfluss auf die Funkenlänge bemerkbar. Von dieser Temperatur ab wurde die Funkenlänge stetig geringer, und beim Siedepunkt (105° C.) hörte die Unterbrecherthätigkeit auf. Es empfiehlt sich daher, bei Dauerbetrieb eine Kühlvorrichtung anzuwenden. (E. RUMMER hat die negative Bleielektrode als Kühlschlange ausgebildet, *E. T. Z.* 20, 786.) Die elektrische Energie, die in dem Unterbrecher in Wärme umgesetzt wird, ist keineswegs gering, der Energieverlust beträgt 30 bis 80%. Die Unterbrechungszahl steigt mit abnehmendem und sinkt mit zunehmendem Drucke. Die effektiv gemessene Stromstärke steigt mit dem Drucke. Den Vorgang an der aktiven Elektrode hat WEHNELT stroboskopisch beobachtet. An der aktiven Elektrode bildet sich eine verhältnismäßig langsam wachsende Gashülle, in der man lebhaft wirbelnde Bewegungen wahrnimmt. Die Gashülle wächst bis zu einer gewissen Größe, um dann plötzlich explosionsartig auseinandergeschleudert zu werden. Die Bildung der Gashülle entspricht dem langsamen Ansteigen der Stromstärke, das durch die verzögernde Wirkung der Selbstinduktion bewirkt wird; die Explosion der Gashülle unterbricht den Strom für einen Augenblick völlig. Sofort nach der Zerstörung der Gashülle berührt die Flüssigkeit die Elektrode wieder und das Spiel beginnt von neuem. Die Gasschicht an der aktiven Elektrode hat WEHNELT spektroskopisch und analytisch untersucht. Die anomale Elektrolyse in der Wehneltschen Zelle haben später A. VOLLER und B. WALTER (*Wied. Ann.* 68, 526; 1899) noch eingehender erforscht; sie haben dabei gefunden, dass der neue Unterbrecher ein vorzügliches Mittel ist, um auf einfachem Wege intensive und reine Metallspektren zu erzeugen. Die Stromkurven des Unterbrechers hat WEHNELT in der bekannten Weise mit einer Braunschen Röhre und einem rotierenden Spiegel untersucht. Der Strom steigt verhältnismäßig langsam von Null bis zu einem höchsten Wert und fällt dann steil wieder auf Null, um ohne eine Pause sofort wieder anzusteigen. WEHNELT bestimmt im Anschluss daran den Einfluss unterteilter Eisenkerne in den Spulen, die Einwirkung der sekundären Spulen auf die Kurvenformen bei verschiedener Belastung und den Einfluss von Kapazität allein und von Selbstinduktion und Kapazität an den Klemmen des Unterbrechers. (Vgl. VOLLER und WALTER *a. a. O.* 548.) WEHNELT ermittelt ferner den Zusammenhang zwischen dem Vorgang an der aktiven Elektrode und der Kurvenform und zeigt, dass die explosionsartige Leuchterscheinung an der aktiven Elektrode mit dem scharfen Abreißen des Stromes zusammenfällt. Schliesslich bestimmt er noch den Einfluss des Druckes auf die Kurvenform. WEHNELT lässt die von Spies und ihm früher (vgl. *d. Zeitschr.* XII, 175) aufgestellte Erklärung der Unterbrecherwirkung fallen und macht sich auf Grund der Ergebnisse seiner neuen Versuche folgendes Bild der Vorgänge: Die Stromstärke steigt infolge der Gegenkraft der Selbstinduktion nur verhältnismäßig langsam an. Es wird daher anfangs nur Sauerstoff durch Elektrolyse abgeschieden. Von einer gewissen Stromstärke an entsteht durch die starke Wärme auch noch Dampf des Elektrolyten. Das Gemisch beider Stoffe bildet einen leitenden Mantel um die aktive Elektrode. Die starke Wärmeentwicklung zer setzt nun einen Teil des Elektrolyten in Wasserstoff und Sauerstoff. Die Entfernung zwischen Elektrode und Elektrolyt wird schliesslich so groß, dass der Strom unter Bildung einer dem

Öffnungsfunken entsprechenden starken Lichterscheinung plötzlich abreißt. Die Gasblasen steigen in die Höhe, die Flüssigkeit berührt wieder den nicht stark erhitzten Platindraht und der Vorgang beginnt von neuem. Eine allzu starke Verminderung der Selbstinduktion bewirkt, daß der ja immerhin heiß werdende Platindraht keine Zeit mehr hat, sich abzukühlen; die Flüssigkeit trifft dann beim Zusammenfallen den heißen Draht und es entsteht dann die von Richarz als Leidenfrost'sches Phänomen bezeichnete Erscheinung. Der Stromübergang von der aktiven Elektrode zum Elektrolyten ist nicht als Lichtbogen im gewöhnlichen Sinne des Wortes aufzufassen, die Entladung hat vielmehr wohl den Charakter der Entladungen in Geißler'schen Röhren. Die größte Energie, also auch die größte Wärmeentwicklung tritt an der Kathode, hier also am Elektrolyten, auf, während der Platindraht verhältnismäßig kühl bleibt und so stets wieder das Wiedereinsetzen der Erscheinung veranlaßt. Wehnelt hebt auch den Unterschied zwischen seinem Unterbrecher und dem SPOTTISWOOD'S hervor. (*Proc. Roy. Soc.* 25, 547; 1877. *Wied. Beibl.* 1, 295; 1877. *Nature* 59, 510; 1899.)

Bei seinen Versuchen mit regulierbaren Elektroden wurde WEHNELT auf eine neue Unterbrecherform geführt. Bei einem Versuch gebrauchte er die in Fig. 1 gezeichnete Anordnung. In ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Gefäß *A*, auf dessen Boden eine Bleiplatte *B* mit Zuleitung als negative Elektrode lag, tauchte von oben ein Glasrohr *C*, das mit seinem eng ausgezogenen unteren Ende in die Schwefelsäure hineinragte. Innerhalb dieses Rohres befand sich ein Kupferdraht *D* mit dem angelöteten Platindraht *E* als aktiver Elektrode. Es ergab sich nun im Verlaufe des Versuches die Thatsache, daß der den Apparat durchfließende Strom auch noch scharf unterbrochen wurde, wenn der Platindraht *E* sich ganz innerhalb des Rohres *C* befand. Die Leuchterscheinung trat hingegen nicht mehr am Platindraht, sondern an der Mündung *O* des Rohres *C* auf. Der dünne Flüssigkeitsfaden in der Mündung *O* wird durch den Strom erhitzt und in Dampf verwandelt. Dieser leitet den Strom unter Zersetzung des Elektrolytes in Knallgas und führt schließlich zum Abreißen des Stromes. Da diese Form dem Strome einen sehr großen Widerstand entgegensetzte, ersann WEHNELT die etwas günstigere Form, die in Fig. 2 abgebildet ist. In einem Gefäß *A* mit verdünnter Schwefelsäure befindet sich ein Reagensglas *B* mit einer kleinen, seitwärts aufgeblasenen Öffnung *O*. Eine Elektrode *C* aus Bleidraht tauchte in das Reagensglas *B*, eine gleiche zweite *D* in das Gefäß *A*. Ein mit diesem Unterbrecher betriebenes Induktorium von 30 cm Funkenlänge gab recht gute Wirkungen. Die Vorteile dieser Unterbrecherform sind: Auf die Polarität der Elektroden braucht im allgemeinen nicht geachtet zu werden. Es ist gleichgültig, welche der Elektroden positiv oder negativ ist. Der Strom wird auch unterbrochen, wenn keine Selbstinduktion im Stromkreis ist. Die Nachteile sind: Die Unterbrechungen erfolgen viel langsamer. Der Unterbrecher besitzt einen sehr hohen Eigenwiderstand. Die Glaswände der Mündung *O* werden bald zerstört. Die Ausführungen WEHNELT'S über den Bau und die Anwendungen seines älteren Unterbrechers sind in der Originalarbeit nachzulesen.

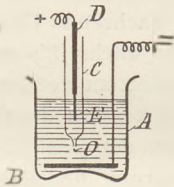


Fig. 1.

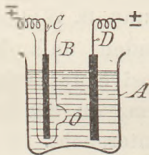


Fig. 2.

Eine Reihe glänzender Versuche mit dem Wehnelt'schen Unterbrecher beschreibt E. LECHER in *Wied. Ann.* 68, 623; 1899.

In *Wied. Ann.* 68, 271; 1899 entwickelt H. TH. SIMON eine Theorie des Wehnelt'schen Unterbrechers, die dessen Wirkungsweise durch eine Lokalisation der Stromwärme erklärt, die eintritt, wenn man in einer elektrischen Zelle eine kleine Elektrode einer großen gegenüberstellt. In diesem Falle ist der im übrigen große Querschnitt der leitenden Flüssigkeitssäule an der Oberfläche der kleineren Elektrode schroff auf einen verhältnismäßig kleinen Betrag verengt, so daß die Stromdichte und damit die Entwicklung der Stromwärme dort einen scharf ausgeprägten größten Wert besitzt. Im Verfolge des Grundgedankens dieser Theorie, die von Richarz und Ziegler (*Wied. Ann.* 69, 719; 1899) herrührt, wurde SIMON, unabhängig



VON WEHNELT und E. W. CALDWELL (*Elektr. Rev. New-York, 1899, S. 277; d. Zeitschr. XII 244*) auf den neuen Unterbrecher geführt, dem er folgende beiden Hauptanordnungen gegeben hat (*E. T. Z. 20, 440; 1899. Wied. Ann. 68, 860*): 1. Ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes Standgefäß aus Blei bildet die eine Elektrode. Hinein ragt ein weites, von einem Hartgummideckel getragenes Reagensglas, dessen Boden eine oder mehrere etwa 1 mm weite Durchbohrungen hat. In diesem Reagensglas steht als andere Elektrode ein Bleiblechcylinder. Der Strom muß seinen Weg von der einen zur anderen Elektrode durch die Durchbohrungen der Glaswand nehmen und bewirkt dort die Unterbrechungen, da bei anwachsendem Strom dort eine Verdampfung eintritt, die den Strom unterbricht. 2. Ein rechteckiger Glastrog wird von oben bis unten in zwei Hälften durchschnitten, deren Ränder eben geschliffen und aufeinandergepaßt werden. Zwischen beide Hälften wird mittels Gummidichtung eine dünne Glaswand eingeklemmt, die einige etwa 1 mm weite Durchbohrungen erhält. In jede Abteilung taucht eine größere Bleiplate als Elektrode ein. Nach Füllung mit verdünnter Schwefelsäure tritt bei Stromschluß in den Durchbohrungen der Unterbrechungsvorgang ein.

Nach SIMONS Theorie handelt es sich bei dem älteren „elektrolytischen“ Unterbrecher nicht um eine elektrolytische, sondern um eine Wärmewirkung des Stroms, bei dem nicht die Selbstinduktion, sondern die „Zeitkonstante“ des Schließungskreises, das Verhältnis der Selbstinduktion zum Widerstand die für die Unterbrechungszahl maßgebende Konstante ist.

In der *Nature 60, 226; 1899* beschreibt A. A. CAMPBELL SWINTON einen „verbesserten“ Flüssigkeitsunterbrecher, den er in Verbindung mit J. C. M. Stanton und H. Tyson Wolff, abgesehen von einigen technischen selbstverständlichen Ausgestaltungen, nacherfunden hat. Zwei Elektroden aus Bleiblech, C und D, Fig. 3, tauchen in ein Glasgefäß A mit verdünnter Schwefelsäure. Ein hohler Glas- oder Porzellancylinder B, dessen Boden eine 3 bis 4 mm weite runde Öffnung E hat, umgibt die Elektrode C. Durch dieses Loch geht die Spitze des kegelförmigen Glas- oder Porzellan-schiebers F, der mittels der Schraubenführung H und des Drehkopfs G gehoben und gesenkt werden kann, um der Öffnung E die gerade zweckmäßige Weite zu geben. Wenn der Unterbrecher arbeitet, steigt, wie Wehnelt, der eigentliche Erfinder auch dieser Vorrichtung, bereits hervorgehoben hat, die Flüssigkeit in dem Cylinder B, an dem deshalb der Ausfluß J angebracht ist.

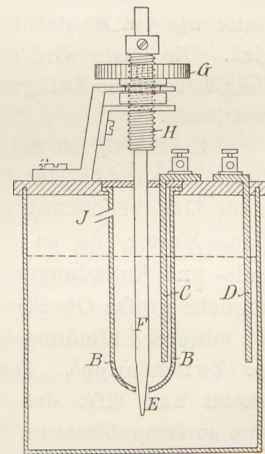


Fig. 3.

In der *E. T. Z. 20, 456; 1899* veröffentlicht E. RUMER die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Abhängigkeit der Unterbrechungszahl und mittleren Stromstärke, die er mittels der Tangentenbussole bestimmt, von der Temperatur und dem Drucke. Er kommt zu der Überzeugung, daß der ältere Wehneltsche Unterbrecher hauptsächlich auf der durch die Hitze der Platinanode gebildeten Wasserdampfblase, ihrem dem Leydenfrostschen Phänomen ähnlichen Gleichgewichtszustande, dessen Störung durch den Extrastrom und der dann eintretenden Verdichtung des Dampfes beruht. Die in der *E. T. Z. 20, 786*, veröffentlichten Messungen RUMER's bestätigen das von SIMON aufgestellte Wirkungsgesetz.

C. HEINKE weist in der *E. T. Z. 20, 510 u. 527; 1899* und *Phys. Zeitschr. 1, 8; 1899*, darauf hin, daß durch den Wehneltschen Unterbrecher Vorgänge ausgelöst werden, die eine Vereinigung von Gleichstrom und Wechselstrom darstellen. Diese Verbindung eines Gleichstroms mit dem aufgelagerten Wechselstrom nennt er „Wellenstrom“ und unterzieht sie einer eingehenden Untersuchung. Daran knüpft er *Wied. Ann. 69, 612; 1899* eine Erörterung über die Messung elektrischer Größen bei periodischen Strömen, die zu folgenden Ergebnissen führt: Bei elektrischen Vorgängen von Wellenstromart läßt sich Spannung und Stromstärke durch gleichzeitige Messung mit galvanometrische und mit effektiv anzeigenden Messinstru-

mente in je zwei Teile zerlegen: ein unveränderliches Glied und ein aufgelagertes Wechselglied, wobei das letztere in energetischer (effektiver) Hinsicht durch eine gleichwertige, symmetrische Sinuswelle ersetzt werden darf. Die Messung der wirklichen Wellenstromleistung darf ähnlich wie beim Wechselstrom nicht durch eine getrennte Strom- und Spannungsmessung erfolgen, sondern bedarf einer besonderen Meßvorrichtung, am besten eines zuverlässigen Wattmeters, oder muß, wo dies nicht ausführbar, mittelbar aus der Energiemenge, die während längerer Zeit umgesetzt wird, bestimmt werden, indem man die gesamte elektrische Energie in Wärme verwandelt und diese kalorimetrisch mißt. *H.-M.*

**Der Majert-Akkumulator.** Der von Dr. W. MAJERT zu Grünau bei Berlin erfundene Akkumulator wird von dem Akkumulatorenwerk Oberspree A.-G. zu Oberschönweide bei Berlin hergestellt und in dem Betrieb der Großen Berliner Straßenbahn benutzt. Eine eingehende Beschreibung hat ARTHUR WILKE in der *E.T.Z.* 20, 783; 1899 veröffentlicht. Die negative Platte, die eine Faure-Form hat, ist eine gestrichene Gitterplatte. Der Bleischwammträger wird in zwei Formen hergestellt, von denen man die eine bei festen und die andere bei beweglichen Batterien benutzt. Bei der ersten Form teilen senkrechte Stäbe den Hohlraum des Bleirahmens in mehrere Felder. Diese Stäbe verbinden schräggestellte von Feld zu Feld unter einem Winkel gegeneinander gesetzte flache Querstäbe, die sich, etwa wie die Stäbe einer Holzjalousie, von der einen zur anderen Plattenseite neigen. Die andere Form besteht aus sich kreuzenden lotrechten und wagerechten Stäben. Die einzelnen Maschen verengern sich bei den Endplatten etwas von der einen zur anderen Plattenseite und bei den Mittelplatten von den Außenseiten nach der Mitte zu. Nach dem Einstreichen der Paste werden die Ränder der wagerechten Stäbe durch Walzen der Platte nach oben umgebogen. Hierdurch wird eine so feste Lagerung des Bleischwammes erzielt, daß man die formierte Platte wie ein Kautschukstück biegen kann, ohne daß die Füllung herausfällt oder rissig wird. Die Paste wird in bekannter Weise aus chemisch reiner mit Schwefelsäure angerührter Bleiglätte unter Zufügung eines lockernden Zusatzes hergestellt und mit dem Spachtel eingestrichen.

Eigenartig ist bei dem Majert-Akkumulator der Bau und die Herstellung der positiven Platte. Sie gehört der Planté-Form an, wird aus Walzblei hergestellt und ohne vorhergehende Oxydbedeckung zur Superoxydplatte formiert. MAJERT entschied sich für das reine Planté-Muster, da er eine möglichst haltbare Elektrode von großer Kapazität und kleiner Lade- und Entladungzeit schaffen wollte. Um bei einer möglichst kleinen Grundfläche eine möglichst große Oberfläche zu erzielen, wählte er die Rillenform. Er gab z. B. einer Platte von mittlerer Entladungsdauer Rillen von 0,6 mm Breite und 5,5 mm Tiefe bei 0,4 mm Stärke der Zwischenrippe. Die Platte erscheint daher mit dünnen und hohen Blättchen dicht besetzt und läßt sich treffend mit der Unterseite eines Champignonkopfes vergleichen. Eine so feingebälterte Platte läßt sich weder gießen noch pressen. MAJERT ersann daher ein neues Herstellungsverfahren, bei dem er eine selbstthätige Hobelmaschine mit bewegtem Schneidstahl benutzt. Er macht dabei mit dem schrägliegenden Stahl einen Schnitt so in die Walzbleiplatte, daß ein geneigt liegender Span abgeschält wird, der mit seinem Fuß noch mit der Platte zusammenhängt. Der Schneidstahl ist nach rückwärts so gekrümmt, daß er den abgeschälten Span beim Durchstreichen des Schnittes senkrecht aufbiegt. Der nächste Schnitt setzt ein Stück weiterhin ein und so kommen der zweite Span und die weiteren dicht nebeneinander zu stehen. Die Platte wird auf beiden Seiten mit den gleichen lotrecht verlaufenden Blättchen versehen.

Die positiven und negativen Elektroden werden gesondert und mit nackten Gegenelektroden in dem gewöhnlichen Elektrolyten der Akkumulatoren formiert. Nach der Behandlung ist die positive Elektrode mit einer dichten kristallinischen Superoxydschicht von der Stärke eines feinen Briefpapiers bedeckt. *H.-M.*

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Kanon der Physik.** Die Begriffe, Prinzipien, Sätze, Formeln der Physik; systematisch dargestellt von Dr. Felix Auerbach. Leipzig, Veit & Comp., 1899. VIII u. 522 S. M. 11.

Das vorliegende Buch beabsichtigt, nur Resultate, ohne Ableitungen und Begründungen, zu geben, und zwar in zweifacher Hinsicht: erstens sollen überhaupt die Begriffe, die Prinzipien, die Lehrsätze, die Formeln und die numerischen Ergebnisse der Physik zusammengestellt werden; zweitens soll dies zugleich in einer mehr als bisher sachmäßigen, systematischen Gliederung geschehen. An sich wäre eine solche Zusammenstellung neben den Lehr- und den Nachschlagebüchern gewiß manchem willkommen; aber die versuchte Systematik ist trotz der Mühe, die der Verf. darauf verwandt hat, mißglückt. In dem Fortschritt vom ersten bis zum vierten Kapitel, worin der Reihe nach Allgemeines, Raum und Zeit, Bewegung, Kraft und Masse behandelt werden, bemerkt man wohl einen angemessenen Gedankengang; wenn indes darauf vier Kapitel über die Eigenschaften der Materie, das Potential, die Energie und die Entropie folgen, so kann man zu dieser Einteilung nichts weiter bemerken, als daß vielfach Dinge, die nahe zusammen gehören, weit aus einander gerissen werden. So kommt z. B. die Verdampfung zuerst im fünften, danach wieder im siebenten und endlich nochmals im achten Kapitel vor. Besonders das Kapitel über die Entropie scheint verurteilt zu sein, aufzunehmen, was anderswohin nicht paßt. Die übliche Gliederung der Lehrbücher befriedigt gewiß niemand; ein Ersatz durch besseres ist jedoch viel schwieriger, als der Verf. glaubt, wenigstens sieht er sein „Einteilungsprinzip“ selbst als gar nicht fraglich, nur dessen strenge Durchführung als vorläufig nicht immer möglich an.

Auch gegen die Einzelheiten ist mancherlei einzuwenden, vor allem gegen die Definitionen. Nur ein paar Beispiele seien angeführt. Ob jemand die Erklärung der Dispersion, S. 37, wenn er nicht schon weiß, was Dispersion ist, verstehen kann, ist mindestens fraglich. Die Kraft wird S. 37 zunächst in der häufig befolgten Weise als Ursache der Bewegung oder der Beschleunigung definiert, verpflichtet sich dann aber gar in „die Ursache irgend einer Erscheinung“. Von der Arbeit sagt der Verf., sie sei das Produkt aus einer Kraft und ihrer „Leistung“; man sieht sich jedoch vergeblich danach um, worin eine Leistung bestehe, was sich doch amüßig beschreiben lassen, wenn jene Definition brauchbar sein sollte. Eben so wenig klar ist die Erörterung über „die Arbeit im weiteren Sinne“, obgleich daran mehr nur die Bezeichnung als die Auffassung den Widerspruch herausfordert. Auch nachdem S. 175 eine Erklärung der Energie gegeben ist, wird zwar richtig bemerkt, eine eingehende Festlegung des Begriffes werde erst auf Grund des Energieprinzips möglich; was aber etwa fünfviertel Seiten später herauskommt, ist eine fast wörtliche, jedenfalls nichts Neues enthaltende Wiederholung der ursprünglichen Erklärung. Geradezu falsch genannt muß es werden, daß S. 250 Potentialdifferenz in einem Leiter und elektrischer Strom als identisch angesehen sind. Sollte das Buch dem einen oder anderen einmal auch nützen, so ist es doch sicher kein Kanon.

*Paul Gerber, Stargard.*

**Die Unität des absoluten Maßsystems in Bezug auf magnetische und elektrische Größen.**

Von Franz Kerntler. 46 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1899.

Der Verfasser bezeichnet es als widerspruchsvoll, daß es zwei verschiedene Maßsysteme geben könne, von denen jedes auf das Epitheton absolut Anspruch mache. Hier liegt augenscheinlich eine zu buchstäbliche Auffassung des Wortes absolut und eine willkürliche Deutung dieses Begriffes zu Grunde. Zur Orientierung über den in der Schrift behandelten und neuerdings mehrfach diskutierten Gegenstand sei auf den in diesem Heft der Zeitschr. veröffentlichten Aufsatz von P. Volkmann verwiesen.

*P.*

**Fragmente aus den Naturwissenschaften.** Vorlesungen und Aufsätze von John Tyndall.

2. autorisierte deutsche Ausgabe, nach der 8. Auflage des Originals übersetzt von A. v. Helmholtz und E. du Bois-Reymond. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1899. I. Band. 514 S. M. 8, geb. M. 9,50. II. Band. 522 S. M. 8, geb. M. 9,50.

Eine „neue Folge“ dieser Fragmente ist bereits 1895 in d. Zeitschr. angezeigt worden; das ursprüngliche Werk ist in dieser zweiten Auflage ebenfalls erheblich bereichert. Der erste, hauptsächlich die anorganische Natur betreffende Band enthält von neuen Artikeln einige Reisebilder (vom Niagara und aus Algier), zwei geologische Aufsätze (Strandlinien von Glen Roy und Form der Alpen), ferner Aufsätze über Nebelsignale, über Molekularphysik, über photochemische Reaktionen. Von den älteren Aufsätzen seien besonders der über Strahlung und die biographischen Skizzen über Faraday, Joule und J. R. Mayer hervorgehoben. Der zweite Band behandelt vorwiegend biologische und allgemeine

philosophische Fragen, von denen die über wissenschaftlichen Materialismus, sowie die berühmte Rede von Belfast noch heut das allgemeinste Interesse erregen werden. Unter den neu hinzugekommenen Artikeln befinden sich zwei Aufsätze über Gährung und Urzeugung, sowie einer über elektrisches Licht. Alle Aufsätze, vor allem aber die auf Probleme der allgemeinen Weltanschauung bezüglichen, berühren aufs wohlthueendste durch klare Besonnenheit wie durch eine edle Wärme der Empfindung, und werden sich auch in dieser neuen Ausgabe Freunde gewinnen. P.

**Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften.** No. 98. Über das Benzin und die Verbindungen desselben. Von Eilhard Mitscherlich (1894), herausgeg. von J. Wislicenus. 39 S. M. —,70. — No. 99. Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen. Von R. Clausius (1850), herausgeg. von Max Planck. Mit 4 Figuren. 55 S. M. —,80. — No. 100. Abhandlungen über Emission und Absorption von G. Kirchhoff. Herausgegeben von Max Planck. Mit dem Bildnis von G. Kirchhoff und 5 Figuren. 41 S. M. 1. — No. 101. Abhandlungen über mechanische Wärmetheorie von G. Kirchhoff, herausgeg. von Max Planck. 48 S. M. —,75. — No. 102. Über physikalische Kraftlinien. Von James Clerk Maxwell, herausgeg. von L. Boltzmann. Mit 12 Figuren. 147 S. M. 2,40. — No. 104. Untersuchungen über die chemischen Affinitäten. Von C. M. Goldberg und P. Waage, übers. u. herausgeg. von R. Abegg. Mit 18 Tafeln. 182 S. M. 3. — No. 109. Über die mathematische Theorie der elektrodynamischen Induktion von Riccardo Felici. Übersetzt von Dr. B. Dessau, herausgeg. von E. Wiedemann. 121 S. M. 1,80.

No. 98 enthält eine Arbeit von E. Mitscherlich, die in mehrfacher Beziehung grundlegend für die Entwicklung der organischen Chemie gewesen ist, namentlich insofern sie zum erstenmal den Nachweis lieferte, daß organische Säuren sich in Kohlensäure und Kohlenwasserstoffe zerlegen lassen. — No. 99 ist für die Thermodynamik von klassischer Bedeutung dadurch, daß in ihr zum erstenmale der erste Hauptsatz der Wärmetheorie mit dem zweiten in logischen Zusammenhang gebracht ist. — No. 100 enthält die berühmten Aufsätze von Kirchhoff über die Fraunhoferschen Linien, über den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption von Licht und Wärme, und über das Verhältnis zwischen dem Emissions- und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht (1859—1862). — No. 101 enthält desselben Forschers Abhandlung über einen Satz der mechanischen Wärmetheorie (1858), durch die er die Thermodynamik der Lösungen begründete; ferner die Bemerkungen über die Spannung des Wasserdampfes bei Temperaturen, die dem Eispunkt nahe sind (1858), und über die Spannung des Dampfes von Mischungen aus Wasser und Schwefelsäure (1858). — No. 102 enthält die Gesamtheit der Maxwellschen Gleichungen für den Elektromagnetismus, und zwar auf Grund der mechanischen Modelle, durch die Maxwell ursprünglich zu seinen Gleichungen gelangt ist. — Die Abhandlungen in No. 104 gehören dem physikalisch-chemischen Grenzgebiet an und beziehen sich in erster Reihe auf die Mechanik der chemischen Prozesse. — In No. 109 sind 3 Abhandlungen aus den Jahren 1854 und 1855 von Felici vereinigt, in denen die Gesetze der Voltainduktion experimentell aufgestellt sind, nachdem Faraday und andere die quantitativen Gesetze für die Magnetinduktion ermittelt hatten. P.

**Lexikon der Kohlenstoffverbindungen.** Von M. M. Richter. Zweite Auflage der Tabellen der Kohlenstoffverbindungen, nach deren empirischer Zusammensetzung geordnet. Vollständig in ca. 35 Lieferungen à M. 1,80. Leopold Vofs, Hamburg u. Leipzig, 1899.

Schon lange hat bei der immer mehr wachsenden Litteratur sich das Bedürfnis nach Jahresübersichten (Fortschritten, Jahrbüchern etc.) geltend gemacht. In der Chemie sind Jahresberichte schon früh durch Berzelius geschaffen, und seit dieser Zeit ununterbrochen fortgesetzt, denn grade hier ist bei dem rasch zuwachsenden Einzelmaterial ein Überblick am notwendigsten. Die Gruppierung des Stoffes aber macht große Schwierigkeit; die Einteilungen, wie sie in den „Fortschritten“, in der großen Referierzeitschrift der d. chem. Ges. und im chem. Centralblatt eingehalten sind, sowie auch die Klassifikation wie sie in der Royal Society für den großen internationalen naturwissenschaftlichen Katalog vorgeschlagen ist, gehen von bestimmten Gruppen aus, und es findet sich so namentlich für die organische Chemie eine große Anzahl gleichwertiger Vorschläge. Zweckmäßig legte man bisher das für die wissenschaftliche organische Chemie verbreitetste größere Handbuch von Beilstein, das jetzt neu erscheint, zu Grunde. Herr Richter hat in seinem Lexikon eine andere äußerst interessante Gruppierung der organischen chemischen Verbindungen gegeben.

Das Ganze ist ein Formellexikon; vorangeht der Kohlenstoff  $C_1 C_2$ , dem zunächst die mit dem Kohlenstoff verbundenen Elemente geordnet nach der Häufigkeit folgen: H, O, N; Cl, Br, I, Fl; S, Se etc.; ihnen schließt sich die übrigen Elemente alphabetisch geordnet an, so daß folgendes Schema entsteht:

CHON . . . P Al As . . . Zr  
O  
N  
:  
P  
Al  
As  
:  
Zr

Das Lexikon beginnt im ersten Heft mit C<sub>1</sub>-Gruppe mit 1 Element, dann folgt C<sub>2</sub>-Gruppe mit 2 Elementen, und gelangt in Heft 4 bis zur C<sub>6</sub>-Gruppe mit 3 Elementen bis C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>N<sub>2</sub>.

Das Lexikon bildet zugleich auch ein Generalregister für Beilstein (57000 Verbindungen): bei 8000 Verbindungen sind andere Litteraturquellen vorhanden oder sie werden in die neue Ausgabe von Beilstein aufgenommen; im ganzen sind 67 000 Verbindungen berücksichtigt. Die Bruttoformel läßt sich mit dem Namenregister und Titelregister finden.

Der Nomenklatur liegt das Prinzip der Substitution zu Grunde, d. h. es wird die Benennung der Stammsubstanz (nach dem betreffenden Kohlenwasserstoff oder dem betreffenden wasserstoffärmsten Ringsystem, Benzol, Naphtalin etc.) festgehalten. Der chemische Ort ist bei offenen Ketten durch griechische Buchstaben, bei Ringsystemen durch Ziffern bezeichnet, z. B. C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>.O.H.CO<sub>2</sub>H Salicylsäure; 2-Oxybenzol-, -2-Karbonsäure. Die Ringsysteme sind mit Register und Ringformel angeführt. Die Einleitung ist in 4 Sprachen, Deutsch, Englisch, Französisch und Italienisch gegeben, wie überhaupt das Werk als internationales bezeichnet werden kann.

Das Werk verdient die größte Anerkennung, da eine solche Arbeit viel Mühe, Fleiß und Sorgfalt voraussetzt, die jeder, der mit ähnlichen Arbeiten zu thun hat, zu schätzen weifs. Es ist für jeden, der sich wissenschaftlich mit organischer Chemie beschäftigt, geradezu unentbehrlich und wird so hoffentlich die Verbreitung und Unterstützung finden, die ihm zu wünschen ist.

B. Schwalbe.

### Programm-Abhandlungen.

**Gleichgewichtslagen und Schwingungen eines Pendelsystems.** Von Prof. ERNST JACKWITZ. K. Gymnasium in Schrimm, Ostern 1899. Pr. No. 175. 20 S. und eine Figurentafel.

Die Untersuchung bezieht sich auf ein Doppelpendelsystem ähnlicher Art, wie das von Oberbeck in d. Zeitschr. I 256 beschrieben und unendlich kleine Schwingungen beschränkt. Für diesen Fall werden die Spannungen an dem in Bewegung befindlichen Systeme und die Integrale der Bewegungsgleichungen ermittelt. Ein entsprechendes physisches Pendelsystem wird bekanntlich dazu benutzt, die Resonanz und Absorption mechanisch zu veranschaulichen (Holtz, d. Zeitschr. I 255). Der Verfasser findet aber, dafs das zweite Pendel durchaus nicht immer die Gleichgewichtslage passieren mufs, bevor es umkehrt, und dafs seine Amplituden zwar gesetzmässigen Schwankungen unterliegen, doch nicht so übersichtlich, dafs dadurch eine Anschauung gegeben werden könnte, wie sich molekulare Schwingungen übertragen. Wenn man bei einem derartigen Pendelsystem es dennoch erreicht, dafs das in Gang gesetzte eine Pendel seine Amplituden kontinuierlich verkleinert, während die des zweiten wachsen, bis der ganze Vorgang sich umkehrt, so mufs die Ursache hierfür in den Reibungswiderständen an den Aufhängungspunkten bzw. den Verbindungsstellen gesucht werden, deren Einflufs aber sich der mathematischen Rechnung entzieht.

P.

**Untersuchung und Darstellung der Wellenbewegung polarisierten monochromatischen Lichtes in doppelbrechenden Krystallen.** Von TH. VAGT. Grosse Stadtschule (Gymnasium und Realschule) zu Wismar, Ostern 1899. Pr. No. 699. 39 S. und eine Tafel.

Die Abhandlung enthält eine Studie zur mathematischen Optik, die Resultate werden auf zwei praktische Fälle angewandt.

P.

**Beiträge zur Reduktion kurzjähriger Temperatur-Beobachtungen auf langjährige Normalmittel.** Von Dr. KARL BAMLER. Gymnasium zu Barmen, Ostern 1899. Pr. No. 450. 70 S.

In der Abhandlung ist der Versuch gemacht, die seit 1798 in Strafsburg angestellten meteorologischen Beobachtungen in Bezug auf die Temperaturverhältnisse vergleichbar zu machen und daraus ein einheitliches Bild der Temperaturschwankungen Strafsburgs seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts zu gewinnen.

P.

**Die Temperaturverhältnisse in Berlin.** Nach 50 jährigen Beobachtungen: 1848—1897. Von Prof. Dr. PAUL PERLEWITZ. Sophien-R. G. zu Berlin, Ostern 1899. Pr. No. 102. 23 S.

Die Abhandlung teilt interessante Resultate hinsichtlich der Mittelwerte der Temperatur in den einzelnen Monaten und der grössten Abweichungen (positiver wie negativer) von diesen Werten mit. Eine Diskussion der Beobachtungen an drei verschiedenen Stellen der Stadt führt zu einer genaueren Bestimmung der Einwirkung der Grossestadt, die darin besteht, dafs morgens die Erwärmung, noch mehr aber abends die Abkühlung verzögert wird. Das Gesamtergebnis ist eine Erhöhung des

Tagesmittels, die im November bis Januar nur  $0,1^{\circ}$  beträgt, im August jedoch bis  $0,6^{\circ}$  steigt. Den Schlufs bilden Ermittlungen über den jährlichen Gang der Temperatur und die unperiodischen Temperaturschwankungen. *P.*

**Über die Bedeutung der Energie** in der Naturwissenschaft. Von Prof. Dr. O. PILLING. Kgl. Hennebergisches Gymnasium zu Schleusingen, Ostern 1899. Pr. No. 262.

Es wird eine populäre Darstellung der Lehre von der Energie, zum Teil unter Anlehnung an Nernsts Lehrbuch der theoretischen Chemie, gegeben. *P.*

## Mitteilungen aus Werkstätten.

### Eine neue Form des Pascalschen Apparates.

Von Leppin & Masehe in Berlin S.O., Engelufer 17.

Die Unbequemlichkeit, bei dem Gebrauche des Pascalschen Apparates die verschiedenen Glasgefäße unter jedesmaligem Entleeren auswechseln zu müssen und das lästige Umherliegen der Gefäße ausserhalb des Gebrauches lassen sich durch die beistehende (Fig. 1) abgebildete Modifikation des Apparates vermeiden. Der Apparat besitzt einen einzigen Aufsatz aus Glas, der drei verschieden geformte Gefäße in sich vereinigt; letztere sind durch Hähne einzeln absperrbar und der Versuch läßt sich am besten in folgender Form ausführen:

Man füllt die Gefäße mit Wasser bis zu einer beliebigen Höhe, schließt darauf die Hähne bis auf den des langen, geraden Rohres, bezeichnet die Höhe durch eine Marke und bringt den Wagebalken ins Gleichgewicht, was sich durch Belasten und Verschieben der Schale leicht erreichen läßt. Nun öffnet man auch die anderen beiden Hähne und weist nach, daß die grössere Wassermenge keinen stärkeren Druck auf die Bodenfläche ausübt und daß der Druck unverändert bleibt, ob alle drei oder irgend zwei oder auch nur eine der Wassersäulen auf die Bodenplatte wirkt. Schließt man dann aber die Hähne bis auf den des langen, geraden Rohres und gießt in letzteres Wasser nach, so wird schon durch eine geringe Erhöhung der Wassersäule Überdruck eintreten.

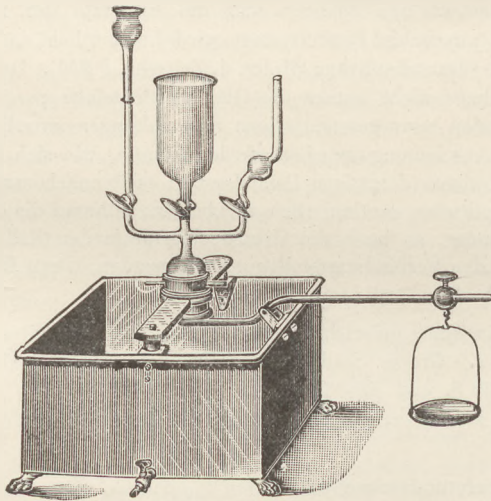


Fig. 1.

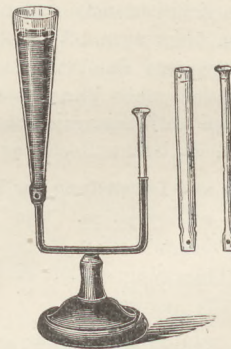


Fig. 2.

Um zu zeigen, daß der Druck bei gleicher Höhe thatsächlich nur von der Gröfse der Bodenfläche abhängt, verkleinert man die letztere, indem man den Rohraufsatz entfernt und wieder einsetzt, nachdem man eine dem Apparat beigegebene Messinghülse in die untere Öffnung gesteckt hat. Die Schale des Wagebalkens wird dann einer geringeren Belastung bedürfen, um dem Wasserdruck das Gleichgewicht zu halten.

Die Messingfassung, welche den Rohraufsatz trägt, ist mit zwei Griffen versehen, welche als Handhaben beim Einsetzen oder Abnehmen dienen. Die Fassung selbst ist nicht eingeschraubt, sondern mittels ihres unteren, konisch geformten Teiles in die entsprechende Öffnung eingesteckt und schließt ohne Anwendung einer Lederzwischenlage vollkommen dicht. Durch diese Anordnung ist es auch möglich, bei jeder Stellung des Apparates den Aufsatz so zu drehen, daß das Auditorium die 3 Röhren nebeneinander vor sich sieht.

Das Blechgefäß, welches als Untersatz dient, hat genügende Größe, um das Überspritzen des Wassers zu verhindern; die Entleerung ist durch einen seitlich angebrachten Hahn leicht zu bewirken. — Der Preis des Apparates ist 36 M.

Wir möchten hier gleichzeitig noch auf eine ganz einfache Form des Haldatschen Apparates, bei welchem eine Quecksilbersäule als Druck-Indikator dient, hinweisen.

Wie die Abbildung (Fig. 2) zeigt, besteht der Apparat aus einer doppelt rechtwinklig gebogenen Glasröhre, die mit Quecksilber gefüllt wird. An dem kürzeren Schenkel trägt die Röhre eine Erweiterung, in welche 3 auswechselbare, verschieden geformte Röhren von gleicher unterer Weite eingeschliften sind, die nahe dem oberen Ende, in gleicher Entfernung vom unteren, eine Marke besitzten. Bis zu dieser Marke werden die Röhren mit Wasser gefüllt, während ein auf dem längeren Schenkel die Höhe der Quecksilbersäule bezeichnender Kautschukring anzeigt, daß der Druck von der Form der Gefäße unabhängig ist. Die Erweiterung des rechtwinkligen Rohres hat eine seitliche Bohrung; eine gleiche befindet sich unten seitlich an jeder der drei eingeschliften Röhren und diese lassen sich leicht entleeren, wenn man sie um ihre Achse dreht, bis beide Bohrungen auf einander fallen.

Der Apparat ist auch geeignet, das Verhalten von Flüssigkeiten verschiedenen spezifischen Gewichtes in kommunizierenden Röhren zu zeigen. Der Preis beträgt 4,50 M.

### Correspondenz.

Der Greifswalder Ferienkursus findet in diesem Jahre vom 16. Juli bis 4. August statt. Für die Leser dieser Zeitschrift dürften besonders folgende Gegenstände von Interesse sein: G. R. Prof. Landois, Bau und Thätigkeit der Stimm- und Sprachorgane, wöch. 1 stdg. — Prof. Dr. Credner, neue Forschungen auf dem Gebiete der physischen Erdkunde, wöch. 2 stdg.; derselbe: Geographische Exkursionen. — Prof. Dr. Richarz, Methodik des Experimentierens, demonstriert an den wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik, wöch. 2 stdg. — Dr. Ziegler und Dr. Starck, praktische Übungen im Anschluss an die Vorträge des Prof. Richarz, zweimal wöch. — Dr. Rosemann, Bau und Verrichtungen des menschlichen und tierischen Körpers, wöch. 2 stdg. — Prof. Dr. Schütt, die innere Organisation der Pflanze, mit mikroskopischen Demonstrationen, wöch. 2 stdg.

Der Preis einer Vollkarte, die zum Besuch sämtlicher Vorlesungen und Übungen berechtigt, beträgt 20 M. Für Ferienerholung wird an Nachmittagen sowie an den vorlesungsfreien Mittwochen ausgiebige Gelegenheit geboten. Anfragen sind an die Adresse „Ferienkurse, Greifswald“ zu richten.

### Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1898. 54. Jahrgang. Zweite Abteilung: Physik des Äthers, redigiert von **Rich. Börnstein**. M. 34. Dritte Abt.: Kosmische Physik, redig. von **Rich. Assmann**. M. 22. Braunschweig, Ferd. Vieweg, 1900. — Aus **Jac. Berzelius'** und **Gustav Magnus'** Briefwechsel 1828—1847, von **Edvard Hjelt**. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1900. M. 4. — **August Schulte-Tiggés**, Philosophische Propädeutik auf naturwissenschaftlicher Grundlage. II. Teil. Berlin, Georg Reimer, 1900. M. 1,80. — **A. Heydweiller**, Die Entwicklung der Physik im 19. Jahrhundert. Berlin, Paul Parey, 1900. M. 1. — **Felix B. Ahrens**, Die Entwicklung der Chemie im 19. Jahrhundert. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1900. M. 1. — **Herm. Blochmann**, Physik, I. Mechanik und Akustik mit 87 Abbild. Stuttgart, Strecker u. Schröder, 1900. el. geb. M. 5. — **J. H. van 't Hoff**, Über die Theorie der Lösungen; **A. Ladenburg**, Die Entwicklung der Chemie in den letzten zwanzig Jahren (Samml. chem. u. chem. techn. Vorträge V. Bd. Hft. 1 und 2. à M. 1,20.) Stuttgart, Ferdinand Enke, 1900. — **Mach-Habart**, Naturlehre für die unteren Klassen der Mittelschulen. Ausg. f. Realschulen. Dritte Aufl. Wien u. Prag, F. Tempsky, 1900. 1 K. 80 h. — **Peter Münch**, Lehrbuch der Physik. Elfte Aufl., bearbeitet von Dr. H. Lüdtke. I. Teil, vorbereitender Lehrgang. Freiburg i. B., Herder, 1900. M. 1,80, geb. M. 2,15. — **Walter Herm**, Repetitorium der Chemie für Techniker. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1900. M. 3, geb. 3,50. — **W. Bernbach**, Die wichtigsten Grundbegriffe der Elektrochemie. Leipzig, Otto Wiegand, 1900. M. 1.

**Sonderabdrücke:** F. Richarz u. W. Ziegler: Analyse oscillierender Flaschenentladungen vermittelst der Braunschen Röhre; F. Richarz, Beobachtung des Tonunterschiedes von Echo und Schallquelle bei Bewegung der letzteren. S.-A. Mitt. d. Naturw. Vereins f. Neuvorp. u. Rügen, 31. Jahrg. 1899. — K. Schreiber, Die Energieverhältnisse beim Lippmannschen Kreisprozefs. S.-A. Mitt. d. N. V. f. Neuvorp. u. Rügen, 31. Jahrg. 1899. — J. Elster, Über die Eigenschaften der Becquerelstrahlen, S.-A. Eders Jahrb. f. Photogr. 1900. — E. Gumlich und E. Schmidt, Über den Unterschied zwischen stetiger und unstetiger Magnetisirung, S.-A. E. T. Z. 1900 H. 12.

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1900.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,  
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ♄ Conjunction, □ Quadratur, ☾ Opposition.

Monatstag	Juni						Juli						
	4	9	14	19	24	29	4	9	14	19	24	29	
Helio- centrische Längen.	101 <sup>o</sup>	130	156	178	196	213	228	242	256	270	284	299	☾
	232	240	248	256	264	272	280	287	295	303	311	319	♀
	253	258	263	268	272	277	282	287	291	296	301	306	♂
	23	26	29	31	34	37	40	43	46	49	51	54	♂
	247	247	247	248	248	249	249	249	250	250	251	251	♂
	271	271	271	272	272	272	272	272	272	273	273	273	♂
Anfst. Knoten.	251	251	250	250	250	250	249	249	249	249	248	248	☾
Mittl. Länge.	152	218	284	350	56	122	188	253	319	25	91	157	☾
Geo- centrische Rekt- ascensionen.	154	211	280	349	58	127	184	246	318	26	97	158	☾
	79	90	101	110	118	125	130	134	136	137	135	132	♀
	113	115	116	116	115	112	109	106	103	100	98	98	♀
	72	77	82	87	93	98	103	108	113	118	123	128	☾
	41	45	48	52	56	59	63	67	70	74	78	82	♂
	243	243	242	241	241	240	240	240	239	239	239	239	♂
	273	273	273	272	272	271	271	271	270	270	270	269	♂
Geo- centrische Dekli- nationen.	+ 5	- 16	- 21	+ 1	+ 21	- 15	- 7	- 22	- 11	- 14	+ 21	+ 4	☾
	+ 24	+ 25	+ 25	+ 24	+ 22	+ 20	+ 18	+ 16	+ 14	+ 13	+ 12	+ 13	♀
	+ 24	+ 23	+ 22	+ 21	+ 20	+ 20	+ 19	+ 18	+ 18	+ 17	+ 17	+ 17	♀
	+ 22	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 22	+ 22	+ 22	+ 21	+ 20	☾
	+ 15	+ 16	+ 18	+ 19	+ 19	+ 20	+ 21	+ 22	+ 22	+ 22	+ 23	+ 23	♂
	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20
	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 23	- 23	♂
Aufgang.	15 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	15.40	15.39	15.39	15.40	15.42	15.46	15.51	15.56	16.3	16.10	16.17	☾
	24 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup>	4.36	9.26	11.34	14.10	19.35	0.3	5.38	8.56	10.54	15.1	20.44	☾
Untergang.	8 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	8.18	8.21	8.23	8.24	8.24	8.22	8.19	8.15	8.10	8.3	7.56	☾
	12 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	13.40	18.5	24.48	5.58	9.27	10.57	13.34	19.49	1.18	6.29	8.30	☾
Zeitglg.	- 1m 59s	- 1.5	- 0.5	+ 0.59	+ 2.4	+ 3.7	+ 4.5	+ 4.54	+ 5.33	+ 6.1	+ 6.15	+ 6.15	☾

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

Juni 4 19 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> Erstes Viertel	Juli 3 4 <sup>h</sup> Mond in Erdferne
5 10 Mond in Erdferne	4 13 14 <sup>m</sup> Erstes Viertel
12 16 38 Vollmond	12 2 22 Vollmond
18 15 Mond in Erdnähe	15 3 Mond in Erdnähe
19 13 57 Letztes Viertel	18 18 31 Letztes Viertel
26 14 27 Neumond	26 2 43 Neumond
	30 22 Mond in Erdferne

<b>Aufgang der Planeten.</b>	Juni 15 ♀ 16 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	♂ 17.59	♂ 14.0	♂ 6.23	♂ 8.42
	Juli 16 18.14	15.30	12.58	4.09	6.32
<b>Untergang der Planeten.</b>	Juni 15 9.53	10.23	5.26	14.45	16.32
	Juli 16 8.50	6.52	5.28	12.35	14.18

**Constellationen.** Juni 11 9<sup>h</sup> ♃ ☾ ☾; 12 Mondfinsternis, siehe unten; 13 12<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 21 11<sup>h</sup> ☉ im Krebszeichen, Sommersonnenwende; 21 23<sup>h</sup> ♀ ♂ ♀; 23 6<sup>h</sup> ♃ ♂ ☉; 23 21<sup>h</sup> ♂ ♂ ☾; 27 22<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾; 28 20<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾. — Juli 2 2<sup>h</sup> ♂ im Aphelium; 4 2<sup>h</sup> ♀ in größter östlicher Elongation von 26<sup>o</sup>; 8 0<sup>h</sup> ♂ untere ♂ ☉, wird Morgenstern; 10 17<sup>h</sup> ♃ ♂ ☾; 13 23<sup>h</sup> ♀ im Aphelium; 22 14<sup>h</sup> ♂ ♂ ☾; 23 10<sup>h</sup> ♀ im Aphelium; 24 3<sup>h</sup> ♂ ♂ ☾; 26 20<sup>h</sup> ♀ ♂ ☾; 28 21<sup>h</sup> ♃ stationär; 31 21<sup>h</sup> ♀ untere ♂ ☉, wird Morgenstern.

**Mondfinsternis 1900, Juni 12.** Erste Berührung mit dem Halbschatten 14<sup>h</sup> 16<sup>m</sup>, 2, letzte 18<sup>h</sup> 39<sup>m</sup>, 0; erste Berührung mit dem Kernschatten 16<sup>h</sup> 24<sup>m</sup>, 2, letzte 16<sup>h</sup> 31<sup>m</sup>, 0; Mitte der Finsternis 16<sup>h</sup> 27<sup>m</sup>, 6, Größe nur 0,001 des Monddurchmessers, sodafs mit freiem Auge kaum etwas bestimmtes zu sehen ist, selbst dort, wo der Mond über dem Horizont steht, was z. B. in Berlin und dem größten Teile von Deutschland nicht der Fall ist. Der Mond geht für Berlin um 16<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> M.-E.-Z. unter.

**Jupitermonde.** Juni 12 9<sup>h</sup> 19<sup>m</sup> I A; 19 11<sup>h</sup> 13<sup>m</sup> I A; 22 9<sup>h</sup> 49<sup>m</sup> III A; 26 13<sup>h</sup> 7<sup>m</sup> I A; 29 11<sup>h</sup> 58<sup>m</sup> III E, 13<sup>h</sup> 49<sup>m</sup> III A. — Juli 5 9<sup>h</sup> 31<sup>m</sup> I A; 12 8<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> II A, 11<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> I A; 19 11<sup>h</sup> 15<sup>m</sup> II A; 28 9<sup>h</sup> 43<sup>m</sup> I A.

**Veränderliche Sterne.** Algols-Minima sind wegen ungünstigen Standes der Constellation nicht zu beobachten. Trotz des in der vorigen Nummer erwähnten ungünstigen Umstandes sind einzelne Veränderliche gut zu studieren, besonders β, R Lyrae, η Aquilae, α und δ Herculis, während die Sterne in Cepheus und Cassiopeia dem nördlichen Dämmerlichte zu nahe gerückt sind.

**Meteore.** Maximum Juli 26, 27 durch den Neumond begünstigt.

J. Pfafsmann, Münster.