

## Eine einfache Apparatur zur Demonstration der Phasenverhältnisse bei Resonanzvorgängen.

Von Dr. Gustav Glage in Jena.

Steht ein schwingungsfähiges System unter der Einwirkung einer periodischen Kraft, die ihm ihre Periode aufzwingt, so sind drei Fälle möglich. Die Schwingungen des aufzwingenden (ersten) Systems können:

1. langsamer sein als die Eigenschwingungen des anderen (zweiten) Systems,
2. gleich schnell wie die Eigenschwingungen und
3. schneller sein als diese.

Im Falle 1 sind die Schwingungen beider Systeme gleichphasig. Im 2. Falle (Resonanz) sind die beiden Systeme um  $90^\circ$ , im Falle 3 sind sie um  $180^\circ$  in der Phase gegeneinander verschoben. (Vorausgesetzt ist natürlich lose Koppelung zwischen beiden Systemen, d. h. das zweite System darf keine merkliche Rückwirkung auf das erste ausüben.)

Die im folgenden beschriebenen Apparate gestatten nun diese Phasenverhältnisse sehr schön experimentell vorzuführen, dann aber auch die Amplitudenverhältnisse, wie z. B. das starke Anwachsen der Amplitude bei Resonanz und schließlich noch den Einfluß der Dämpfung zu zeigen.

Das erste System ist ein schweres Pendel (Fig. 1 a u. b), dessen Stange *S* selbst magnetisch ist, oder auf dessen Gewicht *G* ein kleiner Magnet gelegt oder befestigt ist. Durch den Magneten wirkt es auf das System 2, das aus einem kleinen, an einem Kokonfaden aufgehängten Stahlmagneten (Stück einer Uhrfeder) (*N-S* Fig. 4), oder einem runden quermagnetisierten Stahlscheibchen besteht, und an dem Kokonfaden als Achse schwingt. Das Sichtbarmachen der Phasenverhältnisse geschieht dadurch, daß die Bewegungen beider Systeme auf denselben Schirm in folgender Weise (s. Fig. 2) projiziert werden:

Hinter das Pendel (*P* Fig. 2) kommt in kurzer Entfernung eine kleine Bogenlampe *L* (Liliputlampe nach Classen), die auf dem Schirm *A* ein scharfes Schatten-

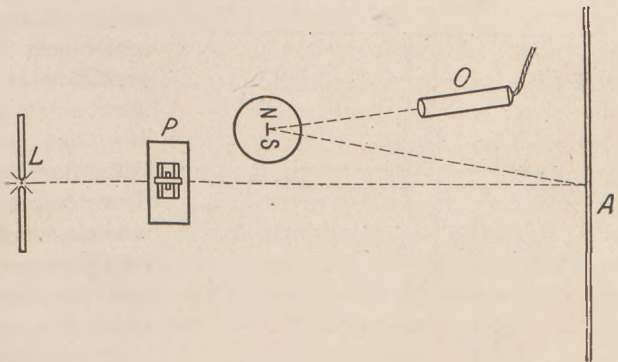
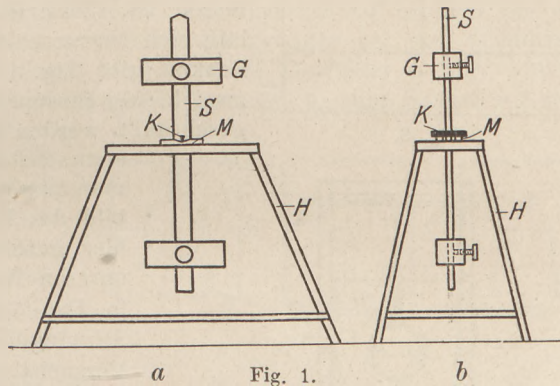


Fig. 2.

bild ( $P'$  Fig. 3) des Pendels entwirft. An dem Magnetchen  $N-S$  wird ein Spiegelchen befestigt und dann in bekannter Weise mit Hilfe einer Nernstlampe ( $O$  Fig. 2) ein Bild ( $Z$  Fig. 3) des Nernststiftes auf dem Schirm entworfen, so daß es in der Ruhelage mit der Mitte des Schattenbildes des Pendels zusammenfällt. Die Schwingungen des Pendels (System 1) sind damit unmittelbar und die Bewegungen des kleinen Magnetchens (System 2) als horizontale Bewegungen des Lichtstreifens  $Z$  auf dem Schirm sichtbar. Hat man die Schwingungsdauer der beiden Systeme genügend langsam gewählt (etwa  $1-1\frac{1}{2}$  Schwingungen pro Sekunde), so läßt sich der Verlauf beider Schwingungen und damit auch die Phasenverhältnisse sehr gut gleichzeitig überblicken.

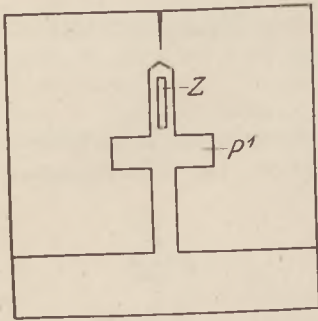


Fig. 3.

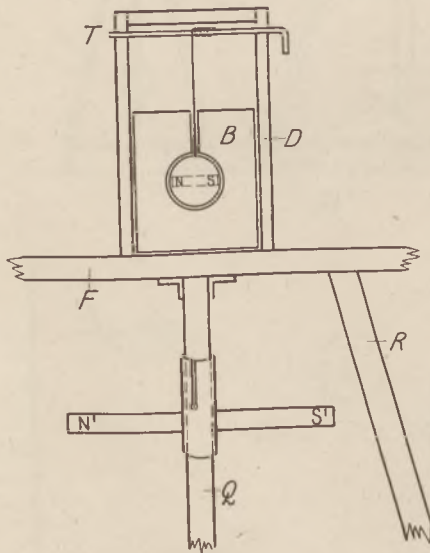


Fig. 4.

Bevor ich zur Beschreibung der Versuche selbst übergehe, zunächst noch einige Worte über die Apparate. Das Pendel (Fig. 1) besteht aus einem Flacheisenstab  $S$  von ungefähr 30—40 cm Länge, in dessen Mitte als Achse ein dreikantiges Stahlstück  $K$  mit scharfer Schneide eingelassen ist. Das Holzgestell  $H$ , das das Pendel trägt, läßt sich in verschiedener Weise ausführen. Eine Möglichkeit gibt Fig. 1. Als Lager für das Pendel dienen zwei kleine Eisenplatten  $M$ , die auf das Holzgestell aufgeschraubt werden und da, wo die Schneide aufliegt,

etwas hohl gefeilt sind. Das Holzgestell wird man zweckmäßig so gestalten, daß das Schattenbild des Pendels nicht gestört wird. Bei der hier gezeichneten Ausführung wird man den unteren Teil des Pendels abdecken, so daß das in Fig. 3 gezeichnete Bild entsteht. Da die Schwingungsweite des Pendels während eines Versuchs möglichst konstant bleiben soll, muß die Masse desselben groß gewählt werden. Man bringt daher auf dem Pendelstab zwei verschiebbare Bleiklötze  $G$  von der in der Fig. 1 gezeichneten Form an. Diese Klötze kann man leicht selbst gießen, indem man ein Stück Eisen von dem Querschnitt des Pendelstabes in die Mitte der Form stellt und gleichzeitig ein mit Gewinde versehenes Eisen oder Messingstück mit einschmilzt, das später als Halt für die Feststellschraube dient. An dem Pendelstab läßt sich unten noch eine kleine Vorrichtung anbringen, um beim Durchgang durch die Nulllage ein Klingelzeichen zu betätigen, indem

man ein Drähtchen an den Stab anlötet, das durch eine Quecksilberkuppe hindurchgeht und so jedesmal einen Stromkreis schließt.

Als zweites System benutzt man am besten ein altes Kohlrauschsches Galvanometer mit verschiebbarer Kupferdämpfung, dessen Schwingungsdauer sich durch einen Richtmagneten in weiten Grenzen ändern läßt. Hat man kein solches oder ein ähnliches zur Verfügung, so stellt man sich den hier nötigen Apparat folgendermaßen her:

In ein rundes Brettchen ( $F$  Fig. 4), das mit drei Füßen  $R$  (in der Figur ist nur einer angedeutet) versehen oder auf andere Art frei befestigt ist, wird von unten ein Messingstab  $Q$  eingelassen, und auf diesem ein kleiner Richtmagnet  $N'-S'$  dreh- und verschiebbar zwischen den Füßen angebracht. Auf das Brettchen kommt ein kleines, vorn und hinten offenes Kästchen  $D$ . (Ungefähre Maße 6 auf  $3\frac{1}{2}$  cm bei  $3\frac{1}{2}$  cm Tiefe.) Vorn wird es durch eine abnehmbare gute Planglasscheibe geschlossen;



evtl. durch ein Brettchen, in das als Fenster ein Stück Objektträger eingesetzt ist. Die hintere Seite bleibt unten offen, damit dort der zur Dämpfung dienende Kupferblock  $B$  eingeschoben und verstellt werden kann. Der Block  $B$  selbst findet seine Führung durch die Wände des Kästchens. In der Mitte des Kästchens hängt man das kleine Magnetsystem mit seinem Spiegel an einem Messingstäbchen  $T$  auf, das oben quer durch das Kästchen geht. Der Kupferblock erhält vorn eine Vertiefung, in die das Magnetsystem nebst Spiegel mit möglichst geringem Spielraum hineinpaßt und nach oben einen Schlitz für den Kokonfaden, so daß sich der Block ohne das System zu berühren soweit vorschieben läßt, daß das System in seiner Mitte hängt und dann am stärksten gedämpft ist. (Vergleiche dazu auch Fig. 5.) Ich bemerke noch, daß ich hier nur eine möglichst einfache Ausführungsform beschrieben habe, die sich natürlich nach dem vorhandenen Material und dem mechanischen Können mannigfach verändern läßt.

Ich komme nun zu den Versuchen selbst. Bei der Vorbereitung wird man zunächst die beiden Bleigewichte  $G$  so einstellen, daß die Schwingungsdauer des Pendels so langsam ist, daß man den Schatten auf dem Schirm bequem mit den Augen verfolgen kann. Die Änderung der Schwingungsdauer bei der Vorführung der Versuche nimmt man nun nicht durch Verstellen der Gewichte  $G$  vor, sondern indem man ein passend gewähltes Bleistück (Zusatzgewicht) je nach Bedarf auf einen der beiden Bleiklötze legt. Im Falle 1 (langsame Schwingungsdauer) liegt es oben, im Falle 2 (Resonanz) ist es ganz entfernt und im 3. Falle liegt es unten. Das Fein-einstellen auf Resonanz (Zusatzgewicht entfernt) geschieht am zweiten System. Vorher hat man noch die Entfernung der beiden voneinander so reguliert, daß die Ausschläge des Systems 2, also die Bewe-

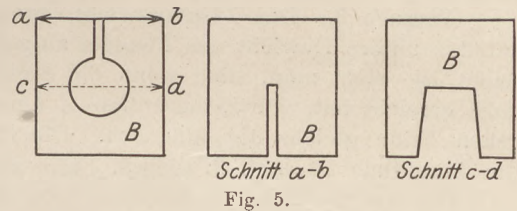


Fig. 5.

gungen des Bildes des Nernststiftes innerhalb der gewünschten Grenzen liegen. Auf alle Fälle hilft hier, wenn man einen größeren Magnetstab in die Nähe des Pendels in geeigneter Lage hinlegt. Lageänderungen dieses Hilfsmagneten ändern sofort die Einwirkung des Pendels auf das System 2. — Da das Einstellen auf Resonanz etwas schwieriger ist und besonders von weniger Geübten etwas Geduld verlangt, will ich genauer darauf eingehen. Die Eigenschwingungen des Systems 2 werden verändert, indem man die Entfernung des Richtmagneten  $N'-S'$  von dem Magnetsystem  $N-S$  variiert. Da bei großer Dämpfung sowohl die Amplitude als auch die Resonanzschärfe gering sind, empfiehlt es sich zunächst, mit großer Dämpfung zu beginnen, indem man den Kupferblock ganz einschleibt und nun zusieht, bei welcher Höhe des Richtmagneten  $N'-S'$  die Amplitude des Systems 2 bei gleicher Schwingungsweite des Systems 1 am größten wird. Vorher hat man sich durch Vergleichen der Zeitdauer der beiden Schwingungen orientiert, welche von beiden die langsamere ist, und hat dadurch einen Anhalt, ob der Richtmagnet nach oben oder unten zu verschieben ist. Hat man auf diese Weise die Stelle der Resonanz annähernd gefunden, so erhöht man jetzt die Resonanzschärfe, indem man die Dämpfung geringer macht und bei vorsichtigem Verschieben des Richtmagneten die Amplituden weiter beobachtet. Durch Drehen des Richtmagneten stellt man dann noch den Lichtstreifen  $Z$  genau auf den Nullpunkt ein. Um die Rubestellung der beiden Systeme auf dem Schirm zu markieren, kann man in den Lichtkegel der Bogenlampe einen Stab stellen, dessen Schatten den Nullpunkt auf dem Schirm anzeigt, oder einen Draht, der so gebogen ist, daß nur der Schatten seiner Spitze von oben her auf den Projektionsschirm fällt (vergl. Fig. 3). Zuletzt überzeugt man sich noch, daß einer Bewegung des Pendelschattens nach einer Seite auch eine Bewegung des Lichtstreifens  $Z$  nach derselben Seite entspricht. Sollte dies nicht der Fall sein, so legt man den Magneten auf dem Pendel um. (Ist der

Pendelstab selbst der Magnet, muß man ihn ummagnetisieren; es ist daher das Auflegen eines Magneten auf das Pendel vorzuziehen.)

Die zu zeigenden Versuche sind nun folgende:

Versuch 1. (Das Zusatzgewicht liegt oben). Nachdem alles in Ruhe, führt man das Pendel um ein bestimmtes Stück aus seiner Ruhelage heraus und läßt es los. Sofort setzt sich auch das zweite System in Bewegung, es entstehen Schwebungen, und wenn der Zustand stationär geworden ist, sieht man deutlich, daß die Spitze des Pendelschattens und der Lichtstreifen *Z* gleichzeitig aus derselben Richtung kommend durch die Nullage hindurchgehen und zu derselben Zeit umkehren, d. h. also gleichphasig sind. Die Amplitude der Bewegung des Lichtstreifens ist dabei klein.

Versuch 2. Das Zusatzgewicht wird abgenommen und das Pendel wie vorher in Bewegung gesetzt. Nach einigen Schwebungen, die hier besonders ausgeprägt sind, stellt sich der stationäre Zustand ein. Jetzt geht die Spitze des Pendelschattens jedesmal durch die Ruhelage, wenn der Lichtstreifen *Z* am weitesten links oder rechts gerade umkehrt und umgekehrt. Die Amplitude ist sehr groß geworden, so daß man gewöhnlich die Dämpfung etwas vergrößern muß, wenn der Lichtstreifen auf dem Schirm bleiben soll. Durch Auflegen von kleinen Zusatzgewichten auf das Pendel zeigt man nun noch die Änderungen bei kleinen Abweichungen von der Resonanzlage und den Einfluß verschiedener Dämpfung durch Verschieben des Kupferblockes.

Versuch 3. Das Zusatzgewicht, das bei Versuch 2 abgenommen war, wird nun auf das untere Gewicht des Pendels aufgelegt. Nachdem der stationäre Zustand erreicht ist, sieht man, daß, wenn die Spitze des Pendelschattens ihren Umkehrpunkt links erreicht hat, der Lichtstreifen *Z* am weitesten rechts steht. Durch die Nullage gehen beide gleichzeitig hindurch. Die Phasenverschiebung beträgt also hier  $180^\circ$ . Die Amplitude ist auch in diesem Falle gering.

Die Ausführung und Wiederholung dieser Versuche möchte ich auch noch aus dem Grunde empfehlen, weil bei ihnen eine ganze Reihe von Begriffen, die bei den Schwingungs- und Resonanzvorgängen immer wieder vorkommen, hier auf mechanischem Gebiete erläutert und im einzelnen verfolgt werden kann. Es kommt hinzu, daß die Versuche in dieser Ausführung sowohl dem Hörer besonderes Interesse abnötigen, als auch gerade dem Ausführenden in hohem Maße Befriedigung gewähren.

## Experimenteller Nachweis der Phasenverschiebung bei einem Wechselstrom durch den Lichtbogen bzw. durch das Telephon.

Von Prof. Dr. R. Danneberg in Dresden.

Die durch eine Kapazität oder Selbstinduktion erzeugte Phasenverschiebung eines Wechselstromes weist man gewöhnlich mit der Braunschen Röhre nach. Man kommt aber auch einfacher zum Ziele, wenn man an Stelle des Stromes negativer Elektronen der Braunschen Röhre den Elektronenstrom verwendet, der zwischen den Kohlen spitzen einer Bogenlampe fließt, wenn man also den Lichtbogen verwendet. Es wurden zur Erzeugung desselben Effektkohlen benutzt, die bei hoher — ca. 60 Volt — Spannung mit Gleichstrom gespeist wurden und einen Lichtbogen von  $2-2\frac{1}{2}$  cm bei ca. 30 Amp. gaben. Um die Beobachtung des Bogens ohne Gefahr für das Auge vornehmen zu können, wurde vor das Bogenlicht eine gelbe Euphosscheibe, meist auch noch eine hellrote, gesetzt. Durch beide Gläser kann man die Gestalt des Lichtbogens, auf die es hier ankommt, ohne Schwierigkeit beobachten. Eine Projektion des Lichtbogens führte nicht zum Ziel, da man wohl die glühenden Kohlen gut sehen könnte, der Lichtbogen selbst aber sehr unsicher dargestellt wurde. In einer Ebene senkrecht zum Lichtbogen lagen zwei stabförmige, völlig gleichartige Elektromagnete



I und II (Fig. 1), deren Pole  $P_1$  und  $P_2$  ca. 4 cm vom Lichtbogen  $L$  entfernt waren. Kleinere Entfernung würde den Lichtbogen leicht ausblasen. Es wurden die Magnete verwendet, die GRIMSEHL zu seinen Elektromagnetversuchen benutzt, die parallel in gleichem Sinne in das Wechselstromnetz von  $\sim 110$  Volt Spannung und 100 Polwechseln, wie Fig. 1 zeigt, eingeschaltet waren und deren Achsen möglichst genau einen Winkel von  $90^\circ$  bildeten, dessen Scheitel im Lichtbogen  $L$  lag. Für die Versuche, in denen Kapazität und Selbstinduktion verwendet wurden, reichte besonders bei dem großen Widerstande der Selbstinduktion die Spannung von 110 Volt nicht aus. Der Strom wurde deswegen auf ca. 150 Volt transformiert, was ohne Schwierigkeit unter Verwendung eines Bogenlampentransformators gelingt, der im umgekehrten Sinne verwendet wird. Bei der kurzen Dauer der Versuche kann das ohne Bedenken geschehen. Ein solcher Elektromagnet wechselt im Verlauf von  $\frac{1}{100}$  Sek. zweimal seine Polarität. Den Verlauf der Intensität des Magnetismus gibt grob die Kurve 2 durch die

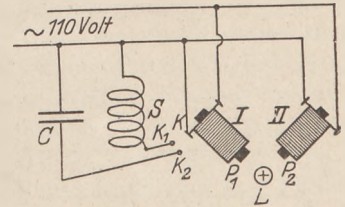


Fig. 1.

Ordinaten an. Ihre Erläuterung dürfte überflüssig sein, nur wollen wir positive Ordinaten als Nordmagnetismus ansehen. Genau genommen und in Wirklichkeit ist die Kurve viel verwickelter, wenn man den Strom aus einem Netz bezieht. Der Verlauf ist durch die Kurve nur grob gekennzeichnet.

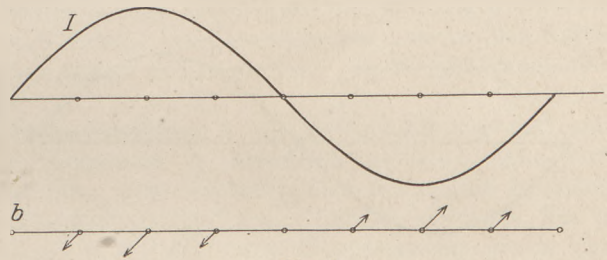


Fig. 2.

Wir verfolgen nun die Einwirkung des Magneten I auf den Lichtbogen, dessen Strom normal zum Papier fließen soll, was durch das Kreuz ( $L$ , Fig. 1) angedeutet ist. Fig. 2b gibt nun nach bekannter Regel die Kraftwirkung auf den Lichtbogen in den verschiedenen Phasen an. Sie sind durch Pfeile nach Größe und Richtung unter Bezugnahme auf Fig. 1 angegeben. Man erkennt, daß der Lichtbogen in einer Ebene

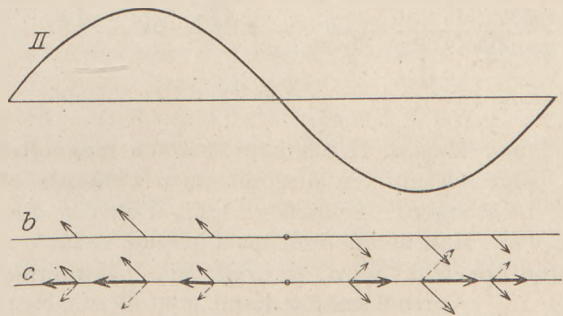


Fig. 3.

senkrecht zur Magnetachse hin und hergezogen wird. Man beobachtet tatsächlich ein ebenes ovales Gebilde, wenn Magnet I allein wirkt.

Ganz entsprechendes geschieht beim Magneten II, nur liegt die Ebene des Lichtbogens, die er allein hervorbringt, senkrecht zu der des Magneten I, wie Fig. 3 und 3b ohne weiteres zeigt. Werden nun beide parallel geschaltete Magnete mit Strom beschickt, was man bei der immerhin großen Stromstärke nicht allzulange fortsetzen darf, da sonst die Magnete zu heiß werden, so setzen sich beide besprochene Kraftwirkungen nach dem Parallelogramm der Kräfte zusammen und man erhält als Resultat in den verschiedenen Phasen, daß der Lichtbogen zu einer Ebene zusammengedrückt wird, die senkrecht zur Symmetrieebene der Versuchsanordnung liegt. Fig. 3c gibt die entsprechenden Parallelogramme, die Komponente des Magneten I ist gestrichelt angegeben, die Resultierende stärker gezeichnet. Beim Versuch sieht man den Lichtbogen zu einem ebenen herzförmigen Gebilde, wie es etwa Fig. 4 zeigt,

auseinandergezogen. Diese Figur bringen also zwei Wechselströme hervor, die in gleicher Phase die Magnete in gleichem Sinne umlaufen.

Während nun im allgemeinen die Polarität eines von Wechselstrom umkreisten Elektromagneten wegen des schnellen Polwechsels keine Beachtung findet, ergibt sich hier ein anderes Bild, wenn etwa beim Magneten II in der obigen Anordnung die

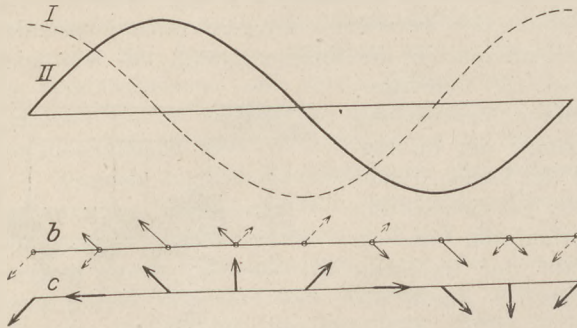


Fig. 5.

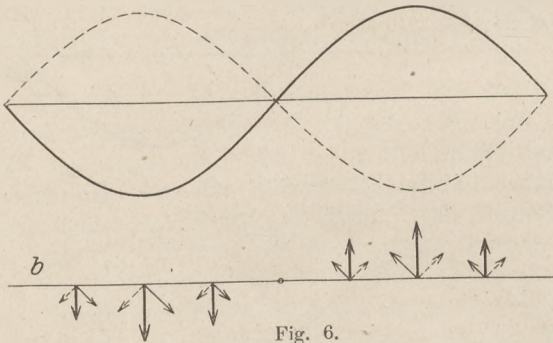


Fig. 6.

net I und Magnet II hervorgebrachten magnetischen Wirkungen, wobei I gestrichelt ist. Fig. 6 b gibt in den einzelnen Phasen die Wirkungen der beiden Magnete auf den Lichtbogen. Schließlich gibt Fig. 6 c die Resultanten aus den Komponenten von 6 b. Man sieht, daß der Lichtbogen im Verlaufe von  $\frac{1}{100}$  Sek. nach allen Richtungen abgelenkt wird, er dreht sich. Man erhält eine körperliche, eiförmige Gestalt.



Fig. 4.

Versuchsmäßig kann man diesen Fall erzeugen, wenn man vor dem Magneten I eine große Selbstinduktion oder eine große Kapazität schaltet. Als Selbstinduktion wurde die sekundäre Spule eines Transformators benutzt. Man kann natürlich auch einen Elektromagneten mit großer Selbstinduktion verwenden. Die Schaltung gibt Fig. 1, wenn K nicht direkt mit dem Netze, sondern mit  $K_1$  bzw.  $K_2$  verbunden wird. Als Kapazität wurden 16 Mikrofarad verwendet, wie sie Koch & Sterzel in Kastenform liefern. Wenn man Leydener Flaschen benutzen will, muß man sorgfältig für gute Kontakte sorgen, besonders beim Übergang des Stromes vom Draht zum Stanniol. Hat man nun bei I den großen Widerstand der Selbstinduktion vorgeschaltet, so geht wenig Strom durch diesen Magneten, dafür viel durch den Magneten II. Es muß daher ein induktionsfreier Widerstand vor dem Magneten II geschaltet werden. Es genügt bei der benutzten Apparatur die Vorschaltung einer Kohlenfadenlampe. Man hat dabei einigermaßen Abstufungen in den Widerständen, wenn man Kohlenfaden- oder Metallfaden- oder Gaslampen verwendet, ganz abgesehen von der Parallel- bzw. Nacheinanderschaltung zweier Lampen. Trotz dieser Widerstandsvorschaltung ist nicht zu erreichen, daß beide Elektromagnete in gleicher Entfernung vom Lichtbogen gleich-

Zuleitungen vertauscht werden, so daß der Magnet II von einem Stromstoß in anderer Richtung durchflossen wird, als der Magnet I. Hat I einen Nordpol, so hat II einen Südpol. Die Erscheinungen, die in den einzelnen Phasen eintreten, gibt Fig. 5 und 5 b, wobei die gestrichelten Linien dem Magneten I angehören. Man erkennt aus der Zeichnung und aus dem Versuch, daß jetzt der Bogen in der Symmetrieebene hin- und hergezogen wird. Das nämliche herzförmige Gebilde (Fig. 4) des vorigen Versuches liegt jetzt in der Symmetrieebene der ganzen Anordnung. Man erkennt also die Verschiebung der beiden Wechselströme um  $180^\circ$  daran, daß die Ebene des Lichtbogens in der Symmetrieebene der Anordnung liegt.

Nun betrachten wir den Fall, daß die Wechselströme um  $90^\circ$  in der Phase verschoben sind.

Fig. 6 gibt die beiden vom Mag-



starke Wirkung ausüben. Das aber ist nötig, wenn bei der Phasenverschiebung von  $90^\circ$  der eiförmige Lichtbogen eintreten soll. Sind die Komponenten der Elektromagnete in ihrer Maximalwirkung verschieden, so erhält man eine Form des Lichtbogens, die im Normalschnitt einem verzerrten Vieleck gleicht. Um nun die gleiche Maximalwirkung beider Magnete zu erreichen, werden beide in den Strom eingeschaltet. Der Magnet II wird aber zunächst von der Wirkung auf den Lichtbogen dadurch ausgeschlossen, daß man entweder sein Kraftfeld durch eine Eisenplatte abschirmt, oder besser, daß man ihn aus seiner Lage entfernt, so daß das Kraftfeld an einem anderen Orte wirkt. Nun beobachtet man die Wirkung vom Elektromagneten I und schiebt ihn so, daß man eine geeignete Lichtbogenfläche bekommt. Die Größe derselben, wie die Lage des Magneten merkt man sich und nimmt den Magnet I weg. Jetzt bringt man den Magneten II zur Wirkung auf den Lichtbogen, achtet darauf, daß seine Achse mit der Lage der Magneten I einen Winkel von  $90^\circ$  bilden würde und verschiebt ihn in der Richtung der Achse so, daß er die gleich große Ablenkung, wie vorher der Magnet I, erzeugt. Dadurch, daß während dieser Vorversuche der Strom um beide Magnete läuft, ist man sicher, daß man dann zwei gleiche Maximalwirkungen auf den Lichtbogen hat. Bringt man nun den Magneten I in die vorher gemerkte Lage, so erscheint der Lichtbogen als eiförmiges Gebilde. Damit ist versuchsmäßig festgelegt, daß sowohl beim Durchlaufen einer großen Kapazität, als auch beim Durchlaufen einer großen Selbstinduktion der Wechselstrom eine Phasenverschiebung von  $90^\circ$  erfährt.

Schaltet man jetzt vor den Elektromagneten I die Selbstinduktion und entsprechend vor den Magneten II die Kapazität — beidemale natürlich ohne Vorschaltung von Glühlampen — so zeigt sich, wenn beide Magnete auf gleiche Maximalwirkung gebracht sind, daß der Lichtbogen als ein ebenes Gebilde erscheint, das in der Symmetrieebene der Apparate liegt, d. h. also beide Wechselströme haben eine Phasenverschiebung von  $180^\circ$ . Das ist nun nach dem Vorangehenden nur so zu erklären, daß die eine Ursache eine Voreilung um  $90^\circ$ , die andere eine Verzögerung um  $90^\circ$  bewirkt. Ob nun die Selbstinduktion oder die Kapazität eine Voreilung bewirkt, bleibt unentschieden. Daß die beiden Verschiebungen im entgegengesetzten Sinne wirken, läßt sich noch auf folgende Weise zeigen: Man schalte vor dem Elektromagneten I die Glühlampe als induktionsfreien Widerstand, vor dem Elektromagneten II aber hintereinander Selbstinduktion und Kapazität. Man bekommt den Lichtbogen zu einer Ebene auseinandergesogen, die senkrecht zur Symmetrieebene der Anordnung der Apparate liegt, also liegt keine Phasenverschiebung vor. Die beiden vorher gezeigten Verschiebungen durch Vorschalten der Kapazität bzw. Selbstinduktion allein haben sich aufgehoben.

Auf entsprechende Weise kann man die Phasenverschiebung der Ströme eines Transformators studieren. Dann ist durch Versuche alles gezeigt, was ein Schüler über diese Dinge wissen möchte. Sie theoretisch zu behandeln, dürfte wohl auch für eine gute Realprima zu schwer sein und auch über den Rahmen der Schulphysik hinausgehen.

An Stelle der Bogenlampe als Anzeiger läßt sich für die subjektive Beobachtung recht gut das Telephon verwenden. Die Spule mit großem Widerstande, die man gewöhnlich zu Induktionsversuchen verwendet, verbinde man mit einem Telephon. Dreht man diese nun zwischen den Magneten an der Stelle, wo erst die Bogenlampe stand, so tönt es bei gleichphasigen Strömen, wenn die Spulenchse senkrecht zur Symmetrieachse, bei Phasenverschiebung um  $180^\circ$ , wenn die Achse in der Symmetrieebene liegt. Bei Phasenverschiebung um  $90^\circ$  tönt es in allen Lagen. Eine schöne Aufgabe für den Schüler ist dann die Ermittlung der Verhältnisse, wenn die Achsen der Elektromagnete eine gerade Linie bilden.

## Die Erzeugung eines konstanten Potentials mit der Influenzmaschine bei Bestrahlung mit der Quarz-Quecksilberlampe.

Von Dr. E. Schreiber in Darmstadt.

Will man ein konstantes Potential haben, so bedient man sich in den weitaus vorwiegenden Fällen einer Akkumulatorenbatterie bzw. einer Hochspannungsbatterie, soweit eine solche verfügbar ist und keine allzu hohen Potentialdifferenzen benötigt werden. Oft findet die Influenzmaschine Anwendung, namentlich wenn es sich darum handelt, ein hohes Potential mit sehr geringen Stromstärken zu erzeugen. Die von ihr gelieferten Potentialdifferenzen schwanken jedoch innerhalb so großer Grenzen, daß die Bedingung eines konstanten Potentials in keiner Weise erfüllt wird. Die bisher übliche Methode, Zwischenschaltung einer Leidener Flaschenbatterie nebst Funkenstrecke gab lediglich bessere Werte, jedoch befriedigten die Ergebnisse nur dann, wenn die prozentualen Anforderungen auf Konstanz nicht allzu groß waren. In allen Meßbereichen des Potentials treten bei dieser Anordnung Schwankungen bis zu 4 und mehr Prozent auf. Die in dieser Abhandlung beschriebene Versuchsanordnung zeigt, in welcher Weise dieser Fehler beseitigt werden kann. Ausgehend von der heutigen Vorstellung über den Mechanismus der Funkenentladung zwischen 2 Elektroden sind bei dem jetzigen Stand der physikalischen Forschung verschiedene Hilfsmittel hierfür gegeben. — Betrachtet man zunächst die Entstehungsursache des Funkens. Nach J. J. THOMSON entsteht bei Ausschaltung jedes fremden Ionisators ein Funke, sobald unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes die anfangs sehr geringe Menge negativer Elektronen neue Ionen erzeugt. Der Vorgang spielt sich dabei bekanntlich so ab, daß das elektrische Feld die positiven Ionen auf die Kathode und die Moleküle der angrenzenden Luftschicht schleudert, wobei sie Elektronen erzeugen. Diese ionisieren ihrerseits wieder und vermehren so den Gehalt an aktionsfähigen Gasatomen. Die Ionisierung schreitet immer weiter, im einzelnen Gasatom wird durch Anprallen immer weiterer Elektronen mehr und mehr Energie aufgespeichert. Diese wird noch durch die weiche Röntgenstrahlung, die bei dem Aufprallen der Elektronen auf die Gasatome ausgelöst wird, gefördert. Schließlich wird das Gasatom selbst Strahler und verliert dadurch an Energie, bis ein Gleichgewichtszustand zwischen zugeführter und ausgestrahlter Energie hergestellt ist. In diesem kritischen Zustand ist der Atomverband so sehr gelockert, daß das Atom zerreißen kann. Hierbei leuchtet es auf. Die Erreichung dieses kritischen Zustandes läßt sich durch die Einwirkung eines Ionisators, sei es durch radioaktive oder lichtelektrische Bestrahlung, wesentlich verkürzen und die Funkenbildung erleichtern. Diese Auffassung des Einflusses der Lichtelektrizität auf die Funkenentladung ist in den instruktiven Arbeiten WARBURGS und denen seiner Schüler niedergelegt und wird darin auch bestätigt. Für die vorliegende Untersuchung ist die Tatsache wesentlich, daß unter dem Einfluß der lichtelektrischen Bestrahlung die sonst laute, disruptive Funkenentladung in eine leise zischende, kontinuierliche Büschelentladung übergeführt wird. Ist dieser Zustand erreicht, dann treten an den Elektroden der Funkenstrecke keine Potentialschwankungen mehr auf.

Die Versuche sind mit einer Wehrsen-Influenzmaschine mit Motorantrieb durchgeführt (Fig. 1). Wie die Zeichnung zeigt, wird mit der Influenzmaschine  $J$  eine Funkenstrecke  $F$  verbunden, die von einer Quarz-Quecksilberlampe  $Hg$  bestrahlt wird. Die Funkenstrecke ist eine Mikrometerfunkenstrecke mit Feinverstellung der Firma Edelmann in München. Sie ist unbedingt nötig, um die genaue Einstellung des Funkenpotentials zu erzielen. Als erste Elektrode ist an ihr eine Spitze aus Messing befestigt und dieser direkt gegenüberstehend eine runde Messingplatte als zweite Elektrode gesetzt. Eine der Elektroden, welche ist gleichgültig, steht isoliert fest, die zweite Elektrode ist isoliert auf einem Schlitten befestigt. Dieser kann mittels einer



präzise ausgebauten Gangschraube bis auf 0,01 mm genau bewegt werden. Die Verschiebung wird an einer Millimeterskala und an einer Trommel, die 100 Teilstriche trägt, abgelesen. Man ist dadurch in der Lage, zu jeder Zeit die Funkenstrecke von vornherein so einzustellen, daß man das gewünschte Potential erhält. Es wird dabei vorausgesetzt, daß die Influenzmaschine die gleiche Elektrizitätsmenge gibt. Diesen Vorzug hat die Wehrsenmaschine bei Motorantrieb. Erleichtert wird die Erfüllung dieser Bedingung ganz wesentlich, wenn man den Polen der Wehrsenmaschine noch große Leidener Flaschen *L* parallel legt. Bei den Versuchen sind 8 Leidener Flaschen in Parallelschaltung im Gebrauch. Wie alle Influenzmaschinen, so setzt auch die

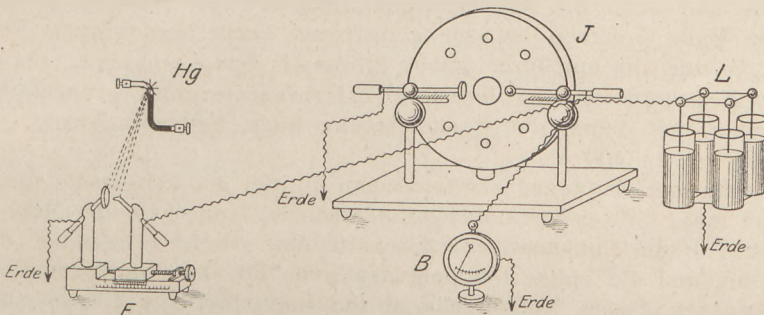


Fig. 1.

Wehrsenmaschine aus, sobald der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ein gewisses Maß überschritten hat. Abreiben der Ebonitplatten und Elektrodenträger mit einem gut durchtränkten Petroleumlappen erwies sich als sehr zweckdienlich; auch dann muß man oft noch mit einer geriebenen Stange aus gepreßtem Bernstein oder Siegellack durch Influenz die Pole der Maschine erregen. Bringt man in die Nähe der Bürsten, an denen man z. B. eine negative Polarität abnehmen will, die geriebene Bernsteinstange und erregt durch Influenz, so bleibt dieser Pol negativ elektrisch und behält, soweit sich bis jetzt beobachten ließ, diese Polarität bei. Als Lichtquelle zur Bestrahlung der Funkenstrecke dient die Quarzquecksilberlampe von Heraeus, deren Licht so abgeschirmt ist, daß nur die Funkenstrecke vollständig beleuchtet ist. Das Potential

wird mit einem BRAUNSCHEM Elektrometer *B* gemessen. Die nebenstehende Zeichnung gibt das Schaltungsschema wieder (Fig. 2). Parallel zu den Polen der Influenzmaschine *I* liegen in der Zeichnung 4 Leidener Flaschen *L*, in Wirklichkeit 8 Flaschen, die Funkenstrecke *F* und das BRAUNSCHE Elektrometer *B*. Ein Pol der Maschine, die Außenbelege der Leidener Flaschen, die eine Elektrode der Funkenstrecke und das Elektrometergehäuse sind leitend mit der Erde verbunden.

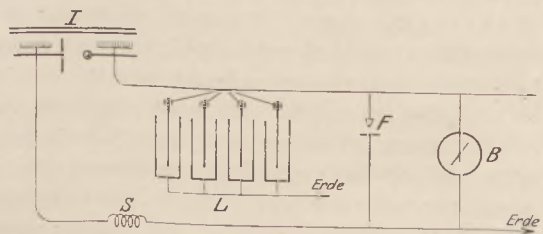


Fig. 2.

Es erwies sich als günstig den Erdungspol der Influenzmaschine mittelst einer durchnäßten Schnur *S* oder mittelst eines Flüssigkeitswiderstandes von hoher Ohmzahl (z. B. Amylalkohol mit Jodkadmium) zur Erde abzuleiten. An das BRAUNSCHE Elektrometer kann dann irgend eine Anordnung, in der man ein elektrisches Feld erzeugen will, angelegt werden. In dieser Schaltung wurden bei einer großen Zahl von Versuchen, die durchgeführt wurden, ein dauernd konstantes Potential beobachtet. Die Versuche sind so angestellt, daß zunächst die Wehrsenmaschine in Gang gesetzt wurde. Diese lief einige Zeit, bis gemessen wurde. Die Funkenstrecke wurde so lange verschoben, bis das BRAUNSCHE

Elektrometer die gewünschte Spannung anzeigte. Dann wurde lange Zeit ununterbrochen beobachtet, und es zeigte sich, daß sich bei allen Spannungen, die gemessen wurden, von 10 000 Volt bis zu 500 Volt herunter eine gute Konstanz des Potentials einstellte. Geringe Schwankungen bis zu 0,1 im äußersten Falle bis zu 0,2 Teilstrichen der Elektrometerskala kamen hie und da vor. Diese rührten vom unregelmäßigen Lauf des Antriebsmotors der Wehrsenmaschine her, wie einwandfrei festgestellt werden konnte. Der Motor war nämlich an das Starkstromnetz der Hochschule angeschlossen, so daß Schwankungen des Stromes, der zur Speisung des Motors diente, unausbleiblich waren. Wurde zu ruhigen Zeiten, innerhalb deren das Netz kaum beansprucht war, gemessen, so blieben die Schwankungen im Laufe der Wehrsenmaschine aus und auch die Nadelschwankungen des Elektrometers hörten auf. Im ungünstigsten Falle kommen bei der getroffenen Versuchsanordnung Fehlwerte im Mittel von 1% vor, die nur durch äußere Störungen verursacht sind. Bei den meisten quantitativen Messungen können derartige Fehlerprocente ganz vernachlässigt werden. Parallelversuche, bei denen die Funkenstrecke nicht bestrahlt wurde, ergaben oft Schwankungen bis zu 400 Volt.

Wenn man die Entladungserscheinungen in der Funkenstrecke näher verfolgt, so beobachtet man, daß es nicht gleichgültig ist, wie innerhalb der Meßbereiche von 5000—10000 Volt die Funkenstrecke geschaltet ist. Es ist notwendig, die Messingplatte zu erden und die Spitze mit dem negativen Pol der Influenzmaschine zu verbinden. Denn in diesem Meßbereich ist die kontinuierliche Büschelentladung des negativen Spitzenstromes stärker als die des positiven Spitzenstromes. Daher fließt ein ruhiger konstanter Strom von der Spitze zur Platte über und Potentialdifferenzen an den Elektroden sind so gut wie ausgeschlossen. Das Elektrometer gibt dann ganz geringe, kaum meßbare Schwankungen. Die geförderte negative Elektrizitätsmenge ist hinreichend groß genug, so daß sowohl bei Bestrahlung, als auch wenn die Bestrahlung unterbleibt, eine wesentliche Änderung in der Einstellung des Elektrometers nicht beobachtet wird. Im ersteren Falle verhält sich die Nadel etwas ruhiger, jedoch sind die Unterschiede nicht allzu groß. Von 5000 Volt abwärts ist nur mit lichtelektrischer Bestrahlung eine sichere Konstanz des Potentials zu erhalten. Denn hierdurch tritt an der Oberfläche der belichteten Elektrode eine Scheidung der positiven und negativen Elektrizität ein, wobei die negative Elektrizitätsmenge nach außen getrieben wird. Um eine möglichst große Menge zu erzeugen, bestrahlt man am besten die runde Messingplatte und verbindet sie außerdem noch mit dem negativen Pol der Wehrsenmaschine. Dadurch verstärkt man die negative Büschelentladung ganz beträchtlich, so daß auch bei kleinerem Potential sich derselbe ruhige, konstante Entladungsprozeß abspielen kann, wie bei dem oben geschilderten negativen Spitzenstrom.

Außerlich macht sich noch ein anderes Kriterium bemerkbar, wann nur die eine Schaltungsart (Messingplatte mit der Erde und Spitze mit dem negativen Pol der Influenzmaschine verbunden) anzuwenden ist. Es strömt nämlich dann von 10000 Volt Spannung abwärts ein ruhiger gleichmäßiger Spitzenstrom in Form einer Büschelentladung aus der Spitze. Im Spannungsbereich 6000 Volt bis 2700 Volt setzen starke Potentialschwankungen ein, die bei 2700 Volt ihr Maximum erreichen. Diese werden dadurch ausgelöst, daß neben der ruhigen, zischenden Büschelentladung auch laut knallende Funken auftreten. Man hört deutlich mit dem Ohr, wie die ruhige Büschelentladung allmählich anschwillt, bis die Verzögerungsperiode für die Funkenbildung überschritten ist. Dann gleicht sich das an den Elektroden angesammelte Potential durch einen laut knallenden Funken aus, das Potential sinkt sofort stark, und die Nadel des Elektrometers zeigt diese starke Potentialänderung durch fortgesetztes Hin- und Herpendeln an. Eine einwandfreie Ablesung ist dann ganz unmöglich gemacht. Bestrahlt man dann die Messingplatte in der vorgeschriebenen Art, so hören diese Störungen auf, und man beobachtet hie und da Potentialschwankungen nur bis zu 0,2 Skalenteile des Elektrometers im Maximum. Von dieser kritischen



Stelle ab, bei 2700 Volt, sinkt das Potential regelmäßig, sobald die vorher unbelichtete Platte plötzlich belichtet wird. Es wurde beobachtet:

Platte unbelichtet:	belichtet:
2300 Volt	2000 Volt
1500 „	1200 „
1000 „	560 „
500 „	330 „

Zusammenfassung: Schaltet man den Polen einer Wehrsen-Elektroskopmaschine, 8 große Leidener Flaschen, eine Edelmannsche Mikrometerfunkenstrecke, deren eine Elektrode aus einer runden Messingscheibe und deren andere aus einer Messingspitze besteht, und ein BRAUNSCHEs Elektrometer parallel, dann erhält man für Meßzwecke hinreichend konstantes Potential, sobald man in den Meßbereichen von 6000 Volt bis 500 Volt die Messingplatte mit dem negativen Pol der Influenzmaschine verbindet und mit einer Quarz-Quecksilberlampe bestrahlt. In den höheren Meßbereichen ist eine Belichtung nicht unbedingt erforderlich, jedoch ist sie empfehlenswert. Hierbei ist die Messingplatte mit der Erde und die Spitze mit dem negativen Pol der Influenzmaschine zu verbinden.

## Einige einfache Schulversuche zur Wellenlehre.

Von Dr. J. Thiede in Köslin.

Außer den bekannten einleitenden Versuchen über Wellen an einem elastischen Seil, an einer Wasserfläche und an Machs Wellenmaschine ist es mir ein wertvolles Experiment, durch eine etwa 2 m lange und etwa 9 mm dicke Glasröhre den Ton einer ganz schwach angeschlagenen  $\bar{a}$ -Stimmgabel an das Ohr eines aus der Klasse hervorgetretenen Schülers dringen zu lassen. Während er die Augen geschlossen hält und nicht sehen kann, wie die Stimmgabel an dem anderen Ende der Röhre in unregelmäßiger Folge hin und zurück vorübergeführt wird, muß er auf die Frage, ob er etwas höre, rufen: Ja, nein, oder: Laut, leise. Die zusehenden Schüler erkennen, daß die Schwingungen der Stimmgabelzinken durch die Luftsäule in der Röhre bis an das Trommelfell des Hörenden übertragen werden. Es ist so die Grundlage für eine Erörterung der Schwingungsweise der einzelnen Luftscheiben in den Querschnitten der Röhre gefunden.

Als Ergänzung hierzu wird in einem anderen Versuche eine 2 m lange und 8 mm dicke Messingstange auf der Tischplatte durch Zwingschrauben so festgelegt, daß ihre beiden Enden ein wenig über den Rand des Tisches hinwegragen. Dann wird vor jeder der beiden geglätteten Endflächen an einem 40—50 cm langen Faden eine große Glaskugel von etwa 3 cm Durchmesser so aufgehängt, daß sie sich ganz leicht an die Metallfläche anlehnt. Wird nun die eine der beiden Kugeln in der Richtung der Stange bis zu etwa 10 cm Höhendifferenz seitwärts abgehoben und losgelassen, so daß sie gegen das Stirnende der Stange anprallen muß, so wird die andere um mehr als 15 cm seitwärts geschleudert. Da nun bei beliebig häufiger Wiederholung des Anprallens die festgeschraubte Stange sich nicht im mindesten verschieben kann, so muß der Vorgang in der Stange auf ebensolche Schwingungen der einzelnen Querschnitte zurückzuführen sein, wie in dem früheren Versuche an der Luftsäule. Es handelt sich auch hier um Arbeitsübertragung von einem Ort zum andern durch eine Wellenbewegung in dem dazwischen liegenden Mittel. Hiermit ist eine Grundlage für die Erörterung der Fortpflanzung des Schalles in festen Körpern geschaffen.

Bei der Wiederholung des Versuches an einer 6 m langen und 18 mm dicken Eisenstange zeigt sich noch ein reichlich 3 cm großer Ausschlag der zweiten Kugel.

Immerhin wird offenbar ein Teil der von der ersten Kugel abgegebenen Energie von dem Wellenvorgange in der Eisenstange verzehrt.

Durch einen Schlag mit einem Hammer läßt sich bei diesen Experimenten natürlich ein erheblich größerer Ausschlag der zweiten Kugel bewirken; aber dies hat für den vorliegenden Zweck keinen Wert. Eher mag es angebracht sein, die zweite Kugel etwas kleiner als die erste zu wählen, um die Tatsache ihres Ausschlages für die Schüler weiterhin sichtbar werden zu lassen. Jedenfalls wird durch die Verwendung der Kugel auch an der Erregungsstelle eine Analogie mit dem Vorgang bei den Elfenbeinkugeln am Stoßapparat herbeigeführt. Auch hier bringt ja der Anprall der einen Endkugel nur die letzte aus einer Reihe von Kugeln zum Fortschleudern. Die Fortpflanzung der Energie durch die Reihe der Kugeln hindurch muß ebenfalls durch eine Wellenbewegung geschehen.

Im Anschluß hieran wird nun eine große Eisenkugel, etwa ein Zentnergewicht oder der Pendelkörper für den Foucault'schen Versuch, auf den Tisch gelegt und die beiden Glaskugelpendel zur feinen Anlehnung an sie gebracht. Auch hier setzt der Anprall der einen Glaskugel die andere in Bewegung; das gelingt aber jetzt nicht nur, wenn die zweite Kugel der ersten diametral gegenüberhängt, sondern sie kann auch an höheren oder tieferen Stellen und ebenso beliebig irgendwo seitwärts an der großen Kugel in Stellung gebracht werden: Immer wird sie von der großen Eisenkugel fortgestoßen. Es zeigt sich so, daß von der Erregungsstelle aus durch den Eisenkörper nach allen Richtungen zugleich Wellenzüge, Strahlen ausgeschiedt werden und daß offenbar, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der homogenen Eisenmasse nach allen Richtungen dieselbe sein muß, die Gesamtausbreitung in Kugelflächen geschieht, entsprechend wie auf der Wasseroberfläche um ein Erregungszentrum in Kreiswellen. — Es ist so eine Unterstützung für die Vorstellung der von einem tönenden Körper nach allen Richtungen ausgehenden Kugelwellen in der Luft gewonnen, — bei denen man gleichsam die zuerst gebrauchte Luftsäule in der Glasröhre in zahllosen Strahlen nebeneinander von der Stimmgabel ausgehend zu denken hat.

Nebenher kann dieses letzte Experiment an der Eisenkugel auch einen Anlaß bieten, auf den Vorgang eines Erdbebens einzugehen, bei dem gleichfalls von einer Erschütterungsstelle aus sich Wellen durch den Erdkörper hindurch fortpflanzen, die überall, wo sie an die Oberfläche treten, Gegenstände emporstoßen und zum Zusammensturz bringen können.

Endlich läßt sich noch ein interessanter Versuch mit den Metallstangen anstellen, wenn man die zweite Kugel irgendwo seitwärts an die Stange zur Anlehnung bringt. Jetzt wird sie natürlich zunächst durch das Anschlagen der ersten Kugel an eines der beiden Stangenenden nicht in Bewegung gebracht; wenn man diese Erregungskugel nun jedoch gleichfalls seitwärts aufstellt und seitwärts anschlagen läßt, so wird die zweite Kugel deutlich seitwärts weggeschleudert. Es erweist sich so, daß in der Stange aus starrer Substanz auch transversale Schwingungen möglich sind. Zur Erweckung einer klaren Vorstellung hiervon bei den Schülern mag es gut sein, vor ihnen das früher gebrauchte elastische Seil noch einmal durch horizontale Impulse in eine Wellenbewegung in der horizontalen Ebene zu versetzen. — Einen Augenblick könnte man wohl daran denken, daß von der Stelle her, wo die erste Kugel seitwärts an die Eisenstange anschlägt, longitudinale Strahlen quer durch die Metallmasse gingen und von der Oberfläche derselben immer von neuem reflektiert und weitergeführt würden in ähnlicher Weise, wie die Lichtstrahlen in der Fontaine lumineuse; daß es sich aber wirklich um transversale Schwingungen der Stange handelt, geht daraus hervor, daß, wenn die Stange noch an mehreren Einzelstellen ihrer Länge festgeschraubt wird, die zweite Kugel immer nur dann durch den Anprall der ersten beeinflusst wird, wenn sie mit dieser in derselben freien Teilstrecke liegt. Die kurze, von der Schraubenzwingen gefaßte Stelle der Stange ist offenbar an der Ausführung



einer transversalen Schwingung behindert, während Reflexion longitudinaler Schwingungen im Innern an jeder Stelle der Oberfläche möglich sein müßte.

Auf das Bedürfnis, dieses transversale Schwingen einer starren Stange festzustellen, war ich durch ein Erlebnis im Freien geführt worden. Bei der Anlegung eines Straßenbahngleises sah ich, wie in einer Entfernung von etwa 300 m ein Arbeiter in Pausen mit einem schweren Hammer einen kräftigen Schlag seitwärts gegen den einen Strang ausführte; und jedesmal hörte ich natürlich den Schall durch die Schienenleitung früher als durch die Luft: aber mit dem überraschenden, ganz eigenartig wirkenden Eindruck, als ob er aus der Schiene unmittelbar hervorkäme, und zwar, während ich weiterging, immer gerade aus der Stelle hervor, der ich mich gerade gegenüber befand. Offenbar wurden alle Punkte des Schienenstranges infolge des Fortlaufens der Transversalwelle nacheinander Erregungszentra für Schallausbreitung in der Luft, und zwar immer vorwiegend nur in der einen Stoßrichtung senkrecht von dem Strange weg. Dabei dürfte diese wesentlich bloß nach einer Richtung erfolgende Wirkung dadurch zustande gekommen sein, daß bei der großen Geschwindigkeit des Fortschreitens der Welle in dem eisernen Strange immer eine ganze Reihe aufeinander folgender Punkte nahezu gleichzeitig den Stoß gegen die Luft ausführte; sonst hätte wohl eine Art rollenden Getönes entstanden sein müssen.

## Zum Winkelspiegel.

Von M. Koppe in Berlin.

Die Abhandlung von HEINRICH (*diese Zeitschr. Bd. 32, S. 162*) geht zwar von Versuchen aus, läßt aber doch weiterhin den Ort des Auges, auf den es immer ankommt, unbeachtet. Man kann das Auge nicht so annehmen, daß es alle an sich möglichen Bilder überblickt. Denn die Anzahl der letzteren steigt auf  $2\nu + 3$ , auf einmal sichtbar sind höchstens  $2\nu + 2$ . Dabei ist angenommen, daß ein gestreckter Winkel den Spiegelwinkel  $\alpha$  vollständig  $\nu$  mal und noch einen Rest  $\beta$  umfaßt. Immerhin hat die Frage nach der Anzahl der möglichen Bilder mathematischen Wert. In meiner früheren Abhandlung (*diese Zeitschr. Bd. 2, S. 126*) ging ich nicht näher darauf ein, weil sie schon mittelst der Funktion des größten Ganzen beantwortet war, ich will diese Lösung jedoch, da sie einfach und wenig bekannt ist, hier zur Ergänzung mitteilen. Im Ergebnis stimmt sie mit der Regel von HEINRICH überein.

Der Kreisbogen  $\alpha$  zwischen den beiden Spiegeln I und II sei mit Stäben besetzt, die der Schnittkante parallel sind. Der Stab, der von I den Bogenabstand  $\alpha'$  hat, habe die Länge  $\alpha'$ . Durch die Größe der Stäbe ist also zugleich ihr Ort zwischen den Spiegeln angegeben. Sie können mit bunten Perlen verziert werden, so daß sie auf einem Zylindermantel ein beliebiges Muster entwerfen, ähnlich dem Glasbehang von Lampenschirmen. Der Zylinder, der auch sämtliche Bilder enthält, werde auf einer Ebene abgerollt (Fig. 1). Die Spiegel I und II zeichnen sich bei  $\nu\alpha$  und  $(\nu + 1)\alpha$  ab, nach links und rechts wird die Reihe der Stäbe, abwechselnd als Spiegelbild und kongruent,  $\nu$  mal wiederholt. Die oberen Stab-Enden geben eine Bildkurve, nämlich eine Zickzacklinie, deren Ordinaten periodisch von  $o$  auf  $\alpha$  steigen und wieder zu  $o$  sinken. Für Parallelspiegel wäre die Reihe unbegrenzt, hier ist sie nach links und rechts vom Spiegelwinkel um je  $180^\circ (= \nu\alpha + \beta)$  auszudehnen, also um  $\beta$  weiter, als vorläufig angenommen. Die Figur dringt also in die Zusatz-Dreiecke ein, welche links auf der Abszissenstrecke  $[-\alpha \dots o]$ , rechts auf  $[(2\nu + 1)\alpha \dots (2\nu + 2)\alpha]$  errichtet sind, sie reicht im ganzen von  $A$  bis  $\Omega$ . Die Bilder von  $A$  bis I sind dem Auge im Spiegel I, die von II bis  $\Omega$  im Spiegel II sichtbar.

Ein Stab habe die Länge  $\alpha'$ , er ist von I um  $\alpha'$ , von II um  $\alpha'' = \alpha - \alpha'$  entfernt. Er erscheint zunächst, teils wirklich, teils gespiegelt, in jedem der zuerst auf-

gestellten Felder, also  $(2\nu + 1)$  mal. Er erscheint auch in dem Zusatzfelde links, wenn  $\alpha' < \beta$  oder  $\alpha = \alpha' + \alpha'' < \beta + \alpha''$ , d. h. wenn  $|(\beta + \alpha')/\alpha| = 1$  ist. Ist dieses größte Ganze aber  $= 0$ , so fehlt er dort. Die Anzahl der etwaigen Erscheinungen im linken Felde ist also  $= |(\beta + \alpha')/\alpha|$ . Für eine Wiederholung des Stabes im äußersten Felde rechts ist nötig, daß  $\alpha'' < \beta$ , oder  $\alpha = \alpha' + \alpha'' < \beta + \alpha'$ , folgt  $|(\beta + \alpha')/\alpha| = 1$

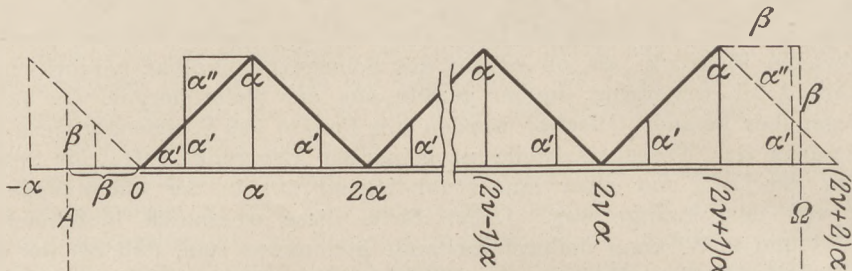


Fig. 1.

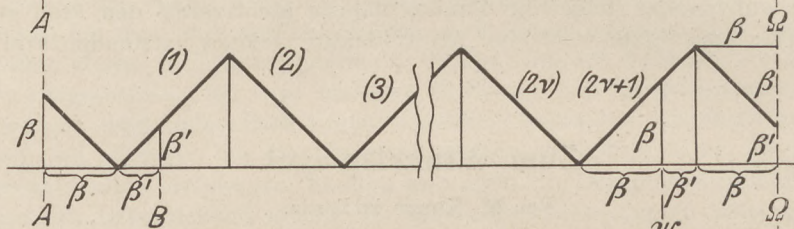


Fig. 2.

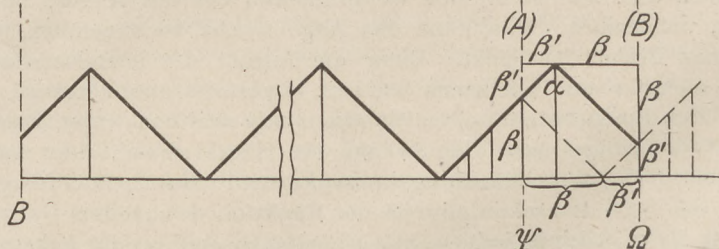


Fig. 3.

ist. Ist dieses größte Ganze aber  $= 0$ , so fehlt er dort. Die Anzahl für das rechte Feld ist also  $= |(\beta + \alpha')/\alpha|$ . Die Anzahl aller Erscheinungen von  $A$  bis  $\Omega$  also

$$N = 2\nu + 1 + \left| \frac{\beta + \alpha'}{\alpha} \right| + \left| \frac{\beta + \alpha''}{\alpha} \right| = 1 + \left| \frac{\nu\alpha + \beta + \alpha'}{\alpha} \right| + \left| \frac{\nu\alpha + \beta + \alpha''}{\alpha} \right|$$

$$= 1 + \left| \frac{180^\circ + \alpha'}{\alpha} \right| + \left| \frac{180^\circ + \alpha''}{\alpha} \right|.$$

Der Streifen  $A\Omega$  umfaßt den Bogen  $360^\circ + \alpha$ . Wickelt man ihn wieder auf den passenden Zylinder auf, so deckt sich ein Feld  $\alpha (= \beta + \beta')$  vom linken Rande ( $AB$ ) mit einem vom rechten ( $\Psi\Omega$ ). Beide haben die Anfangs-Ordinate  $\beta$ , die End-Ordinate  $\beta'$ , dazwischen sind aber die Ordinaten der beiden Bildkurven verschieden (Fig. 2).

Verschiebt man daher  $AB$  nach  $\Psi\Omega$ , so ergibt sich für den Scheitelwinkel des Spiegelwinkels eine doppelte Belegung; die von  $\Psi\Omega$  zeigt volle Linien, die andere unterbrochene. Projiziert man vom Auge aus die Schnittkante auf den Zylindermantel, so erhält man die Grenze zwischen dem Geltungsbereich der vollen Linien (links) und der unterbrochenen (rechts). Die beiden Bildkurven des Scheitelwinkels



bilden (Fig. 3) die obere und untere Begrenzung eines Rechtecks, welches einem Quadrat von der Seite  $\alpha$ , parallel zu den Diagonalen, eingeschrieben ist. Für  $\beta = 0$  entartet es in eine Doppel-Gerade, für  $\beta = \frac{1}{2}\alpha$  in ein auf der Spitze stehendes Quadrat. Die größte auf einer wagerechten oder senkrechten Geraden durch das Rechteck bedeckte Strecke ist immer gleich der kleineren der Größen  $2\beta$  und  $2\beta'$ . Um die Bilder des Stabes  $\alpha'$  zu finden, legt man durch die einfache Bildkurve  $A\Omega$  oder die zum Teil gespaltene  $B\Omega$  eine Parallele zur Abszissenachse im Abstand  $\alpha'$ .

Daß zu jedem Punkt der Bildkurve die Ordinate hinzuzudenken ist, ist in Fig. 3 an einigen Stellen angedeutet.

Rollt man die von der Abszisse 0 bis  $2\alpha$  reichende Periode der Bildkurve zu einer Papierrolle zusammen, deren Ränder man durch Drahtklammern (Büro-Nadeln) aneinander festhält, so liegen die Ordinaten  $\beta$  und  $\beta'$  einander gegenüber. Kniff man hier das Papier und drückt es platt, so hat man genau die Doppelbelegung des Scheitelwinkels.

Ist  $\beta = 0$ , so fallen die Bilder des Feldes  $AB$ , die nur durch Spiegel I sichtbar sind, mit denen von  $\Psi\Omega$ , die nur durch II sichtbar sind, zusammen und vereinigen sich mit ihnen zu Vollbildern, die nach dem ganzen Winkelraum I II hinstrahlen. Die Zahl aller Bilder ist  $N = 2\nu$ .

In der Figur ist  $\beta > \frac{1}{2}\alpha$ . Sie zeigt, daß, wenn  $\alpha'$  zwischen  $\beta$  und  $\beta'$  liegt,  $N = 2\nu + 3$ , sonst  $N = 2\nu + 2$  ist. Eine Schwierigkeit entsteht für die Grenzfälle, in denen  $\alpha$  mit  $\beta$  oder  $\beta'$  zusammenfällt. Bilden etwa drei benachbarte Stäbe  $\beta$ ,  $\beta\beta_2$  den leuchtenden Körper, so erscheint bei  $\Psi$  ein Bild (kongruent oder symmetrisch), zugleich rechts von  $\Psi$  ein Bruchstück, das Spiegelbild der linken Hälfte jenes Bildes. Ein kleiner Körper bei  $\beta$  erscheint vollständig  $(2\nu + 2)$  mal, als Bruchstück einmal, im ganzen ist  $N = 2\nu + 3$ . Für Grenzfälle gilt also der größere Wert von  $N$ .

Wäre  $\beta < \frac{1}{2}\alpha$ , so ergäbe sich  $N = 2\nu + 1$ , wenn  $\alpha'$  zwischen  $\beta$  und  $\beta'$  liegt, sonst wie oben  $N = 2\nu + 2$ . Für die Grenzfälle tritt an einem Rande im Scheitelwinkel ein Bruchstück auf. Dann wird  $N = 2\nu + 2$ .

Endlich sei  $\beta = \frac{1}{2}\alpha$ . Dann ist im allgemeinen  $N = 2\nu + 2$ . Für  $\alpha' = \frac{1}{2}\alpha$  fallen die Bilder bei  $B$  und  $\Omega$  auf dem Zylinder zusammen. Da der Abstand  $II\Omega$  seinen äußersten Wert  $180^\circ$  hat, so liegt das Bild  $\Omega$  in der Ebene II, kann also nicht mehr Strahlen durch den Spiegel II senden und scheidet aus. Die leuchtende Spitze des Stabes  $\alpha'$  erscheint also zunächst als Punkt  $(2\nu + 1)$  mal an den Ecken eines regelmäßigen Vielecks, dessen Seiten von I und II halbiert werden. Nun geht aber die maßgebende Parallele durch zwei Ecken des Rechtecks, daher kommen im Felde  $\Psi\Omega$  an jedem Rande noch zwei Bruchstücke hinzu, in denen die linke und die rechte Hälfte des Körpers wiederholt wird. Rechnet man jede als ein Bild, so wird  $N = 2\nu + 3$ . Es empfiehlt sich nicht, diesen sehr verwickelten Fall, z. B. für  $\alpha = 72^\circ$ , als Muster zu wählen.

Für die Zahl aller wirklich sichtbaren Bilder erhielt ich (Bd. 2 dieser Zeitschr.)

$$N' = 2 + \left| \frac{180^\circ + p}{2\alpha} \right| + \left| \frac{180^\circ - p}{2\alpha} \right| + \left| \frac{180^\circ + q}{2\alpha} \right| + \left| \frac{180^\circ - q}{2\alpha} \right|,$$

wo  $p$  und  $q$  die Winkelabstände des Auges vom Gegenstand und von einem ersten Spiegelbild bedeuten.

Bei Versuchen muß man die Spiegel möglichst zur Berührung bringen. Eine etwaige Lücke wirkt ebenso, wie eine in der Mitte eines runden Saales befindliche Säule auf den Beschauer eines rings umlaufenden Wandgemäldes.

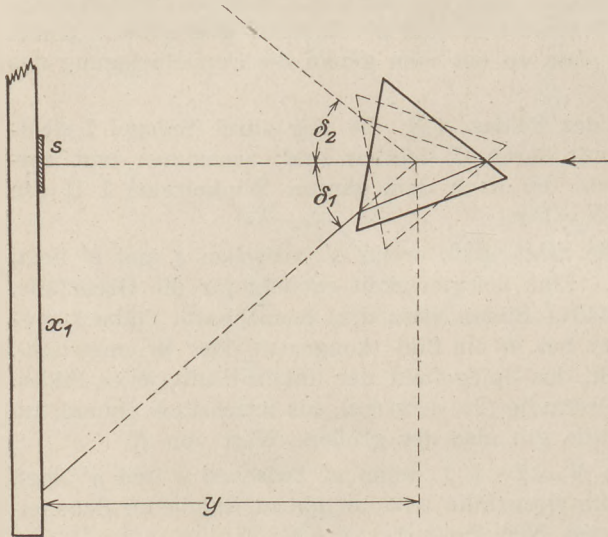
## Zur Bestimmung des Brechungsexponenten von Prismen.

Von Prof. Dr. Fritz Röhrs, Dresden.

Die Benutzung der bekannten Formel zur Bestimmung des Brechungsexponenten

$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \delta}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} \quad (\varphi = \text{Winkel der kleinsten Ablenkung, } \delta = \text{Prismenwinkel}) \text{ dürfte für}$$

Mittelschulverhältnisse in den meisten Fällen wohl an dem Mangel eines Spektrometers scheitern; trotzdem schien es mir einerseits erwünscht, diese wichtige Formel im Unterricht in ihrer Anwendung zu zeigen, andererseits dürfte es auch von Nutzen



sein, mit außerordentlich einfachen Hilfsmitteln, wie sie sich in der physikalischen Sammlung jeder Mittelschule finden, den Brechungsexponenten vorhandener Prismen zu bestimmen. Man entwirft dazu mit Hilfe des Projektionsapparates auf gewöhnliche Weise z. B. ein Na-Spektrum und hat nur dafür zu sorgen, daß das aus dem Objektiv austretende unabgelenkte Strahlenbündel senkrecht auf die Ebene fällt, in die das Spektrum zu liegen kommt (Wand, Schirm, Meßplatte). Dann ergibt sich aus der Figur sofort die Gleichung  $\tan \delta = \frac{x}{y}$ .

Im einzelnen war die Versuchsanordnung folgende: Der aus dem Objektiv austretende Strahl fällt auf eine Meßplatte, die in passender Entfernung wagerecht auf Stativen liegt und mit Hilfe eines einfach mit der Hand fest angedrückten guten Spiegels  $s$  so gedreht wird, daß das Spaltbild genau in die Mitte des Objektivs zurückgeworfen wird, eine Einstellung, die sich mit rechter Schärfe ohne Schwierigkeit erreichen läßt. Das Prisma steht gut zentriert auf einem kleinen Tischchen, das sich um seine senkrechte Achse in die beiden symmetrischen Minimumsstellungen mit den Ablenkungen  $\delta_1$  und  $\delta_2$  bzw.  $x_1$  und  $x_2$  an der Meßplatte drehen läßt. Die Messung von  $y$  erfolgt durch zwei Senkel, von denen das eine an der Meßplatte, das andere zentrisch an einem Haken am unteren Ende der Drehachse des Tischchens angebracht ist, auf dem das Prisma steht. Man kann natürlich Spaltbild und Spektrum, wenn vielleicht die Raumverhältnisse eine Ablenkung nach links und rechts nicht zulassen sollten, ebenso auf die Zimmerwand werfen und die Entfernung zwischen unabgelenktem und abgelenktem Spaltbild einfach ausmessen. In der folgenden kleinen Übersicht sind die Ergebnisse einer Versuchsreihe mit einem Quarzprisma (ordentlicher Strahl) für Na-Licht angegeben.

$x_1$	$x_2$	$x$	$\Delta x$	$\Delta x^2$	$y$	$\Delta y$	$\Delta y^2$
286,9	287,2	287,1	-2	4	329,2	+2	4
288,2	287,0	287,6	+3	9	329,3	+3	9
287,5	286,7	287,1	-2	1	328,9	-1	1
287,7	286,6	287,2	-1	4	328,7	-3	9
287,7	287,5	287,6	+3	9	328,9	-1	1

$$x = 287,3 \pm 0,12; y = 329,0 \pm 0,11.$$



Hieraus ergibt sich  $\tan \delta = \frac{x}{y} = \frac{287,3}{329,0}$  und  $\delta = 41^\circ 7' 44''$ .

Die Bestimmung des Prismenwinkels  $\varphi$ , die natürlich nicht vor den Augen der Schüler durchgeführt werden kann, geschah mit Hilfe eines Theodoliten. Nachdem dessen Drehachse scharf senkrecht eingestellt war, wurde das Fernrohr um  $90^\circ$  um seine wagerechte Achse gedreht, das Prisma auf das Okularende gestellt und dann mittelst Collimatorrohr und Fernrohr mit Fadenkreuz, die beide fest aufgestellt waren, durch Drehung um die senkrechte Achse der doppelte Prismenwinkel bestimmt. Der Teilkreis des Theodoliten war in halbe Grade geteilt, die Nonien gaben Minuten und ließen bequem noch  $15''$  schätzen. Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über diese Messungen:

$\alpha$	$\Delta \alpha$	$\Delta \alpha^2$	$\beta$	$\Delta \beta$	$\Delta \beta^2$	$\gamma$	$\Delta \gamma$	$\Delta \gamma^2$
$60^\circ 0' 30''$	- 43	1849	$60^\circ 0' 4''$	+ 5	25	$59^\circ 59' 30''$	+ 40	1600
$0' 30''$	- 43	1849	$0' 0''$	+ 1	1	$59' 23''$	+ 33	1089
$1' 53''$	+ 40	1600	$0' 8''$	+ 9	81	$58' 12''$	- 38	1444
$2' 00''$	+ 47	2209	$0' 0''$	+ 1	1	$59' 23''$	+ 33	1089
$0' 30''$	- 43	1849	$59^\circ 59' 45''$	- 14	196	$58' 23''$	- 27	729
$1' 53''$	+ 40	1600	$57' 57''$	- 2	4	$58' 12''$	- 38	1444
$60^\circ 1' 13'' \pm 19''$			$59^\circ 59' 59'' \pm 3''$			$59^\circ 58' 50'' \pm 16''$		

Zur Messung von  $\delta$  wurde  $\alpha = \varphi$  benutzt, womit man erhält

$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \delta}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} = 1,5444.$$

Wie man aus den oben mitgeteilten Werten von  $x$  und  $y$  erkennt, erhält man für  $x$  einen mittleren Fehler  $\Delta x = \pm 0,12$  und für  $y$  ein  $\Delta y = \pm 0,11$ . Um zu beurteilen, wie diese Fehler auf  $\delta$  und  $n$  einwirken, bilde man aus

$$\begin{aligned} \delta &= \arctan \frac{x}{y} \\ d\delta &= \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy \\ &= \frac{y dx - x dy}{x^2 + y^2} \end{aligned}$$

Setzt man hierin die oben angegebenen Werte von  $x$  und  $y$ , sowie  $\Delta x$  und  $\Delta y$  ein, und zwar so, daß sich alle Fehler addieren, so erhält man

$$\begin{aligned} d\delta &= \pm 0,000347 \text{ oder in Gradmaß} \\ d\delta &= \pm 1' 12'' \text{ als größtmöglichen Fehler von } \delta. \end{aligned}$$

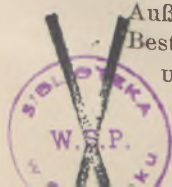
Wie dieser wiederum auf  $n$  einwirkt, erkennt man, wenn man aus  $n = \frac{\sin \frac{\varphi + \delta}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}$

$\frac{dn}{d\delta}$  bildet. Man erhält unter der Voraussetzung  $\frac{\varphi}{2} = 30^\circ$ , also  $\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{1}{2}$

$dn' = \cos \frac{\varphi + \delta}{2} d\delta$  und unter Benutzung des eben gefundenen Wertes von  $d\delta$

$$dn' = \pm 0,0002.$$

Außer dem soeben bestimmten Fehler beeinflussen natürlich auch Meßfehler bei der Bestimmung von  $\varphi$  das Ergebnis. Schreibt man



$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \delta}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} \text{ in der Form } n = \cos \frac{\delta}{2} + \cotg \frac{\varphi}{2} \sin \frac{\delta}{2}, \text{ so wird}$$

$$dn'' = - \frac{\sin \frac{\delta}{2}}{\sin^2 \frac{\varphi}{2}} \cdot \frac{1}{2} d\varphi \text{ oder für } \frac{\varphi}{2} = 30^\circ$$

$$= - 2 \sin \frac{\delta}{2} d\varphi.$$

Unter Benutzung des oben gefundenen Wertes von  $\delta \sim 40^\circ$  und

$$d\varphi = \pm 20'' = 0,0001 \text{ erhält man}$$

$$dn'' = \pm 0,00006, \text{ so daß sich schließlich ergibt}$$

$$\delta = 41^\circ 7' 44'' \pm 1' 12'' \text{ und}$$

$$n = 1,5444 \pm 0,0003.$$

In Wirklichkeit wird der Fehler noch etwas kleiner sein, da bei der Berechnung angenommen wurde, daß sich alle Fehler addieren, was ja in der Regel nicht der Fall sein wird.

Man sieht, daß man mit Rücksicht auf die Einfachheit der Versuchsanordnung und der Hilfsmittel bemerkenswert genaue Ergebnisse erhält, denn der wahre Wert von  $n_D$  für Quarz beträgt 1,54422. Verzichtet man auf eine länger durchgeführte Versuchsreihe, so läßt sich mit Hilfe dieses Verfahrens der Brechungsindex von Prismen in wenigen Minuten während des Unterrichts bequem bis auf die dritte Dezimale sicher bestimmen.

### Kleine Mitteilungen.

#### Die Entzündung des Phosphors unter der in Wasser stehenden Glocke.

Von H. Rebenstorff (†) in Dresden.

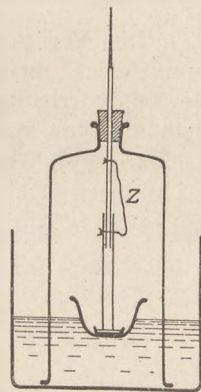
Zum Entzünden des Phosphorstückes im schwimmenden Schälchen unter der Glocke dient fast ausschließlich der am Ende erhitzte Draht. Bei der nur zur Abschätzung führenden rohen Bestimmung des Sauerstoffgehaltes macht es meistens wenig aus, daß der heiße Draht die Luft etwas erwärmt und einen Teil davon aus der Glocke treibt, bis diese wieder abgeschlossen ist. Durch geringes Erhitzen des Drahtes, nicht viel über die Mindestwärme von  $60^\circ$ , mehr noch durch Benutzen eines nur kurzen Drahtstückchens, das am Ende eines Glasrohres eingeklemmt ist, kann man die an die Luft abgegebene Wärmemenge verkleinern. Mehr Schaden bringt ein besonders schnelles Umsichgreifen der Phosphorflamme, das wohl durch die zufällige Gestalt des entzündlichen Körpers und einen tiefen Punkt des Berührens, sowie durch höhere Zimmerwärme herbeigeführt wird. Verzögert sich dann noch irgendwie das Herausziehen des Zündstabes, so gelangt eine größere Luftmenge aus der Glocke heraus, wie man am Rauchschwaden ersieht, der dabei womöglich die Glockenmündung verläßt.

Naheliegt es, in umständlicher Weise durch elektrisches Erhitzen eines dünnen, dem Phosphor aufliegenden Drahtes die Zündung zu bewirken. Auf der Unterstufe werden aber besser nur selten gebrauchte, ablenkende Hilfsmittel vermieden. Dies gilt hier auch von der von mir (*diese Zeitschr.* 19, 30) beschriebenen Zündung mittelst eines Blechstreifens aus amalgamiertem Aluminium, wobei noch die freilich verschwindende Ungenauigkeit begangen wird, daß man eine sehr kleine Wasserstoffmenge



bei der Oxydation des Metalls in der feuchten Luft entstehen läßt, die wohl nur zum kleinsten Teile mit verbrennt.

Die Aufgabe, den Phosphor nach Abschluß der Glocke zu entzünden, kann in einwandfreier Weise durch die folgenden Maßnahmen gelöst werden. Das Stück Phosphor wird am besten als kleine Scheibe von der fingerdicken gekauften Stange geschnitten, was man in etwas angewärmtem Wasser durch schnelles Benutzen einer etwas stärker vorgewärmten Messerklinge erleichtern kann. Kleine Phosphorstücke kann man andererseits in einem recht winzigen Tuscheschälchen auf dem Boden eines kleinen Becherglases mit Wasser zusammenschmelzen; schnelles Abkühlen erfolgt durch Einsenken in eine größere Menge kalten Wassers. Das Phosphorstück bringt man gut abgetrocknet — mit oder ohne Tuscheschälchen in die Mitte der auf dem Wasser schwimmenden Porzellanschale, überdeckt mit der offenen Glocke und schließt mit einem dichten Kork, in dessen Bohrung ein besonders vorgereichtes Glasrohr (etwa 4 mm Innenweite) sitzt. Außen überragt es den Kork um 10—20 cm (s. Fig.), ist hier am Ende zugeschmolzen und enthält unter dem geschlossenen Ende eine Füllung von festgeschmolzenem Zinn, indem kleine Körnchen des Metalles über der Flamme vereint wurden. Man stellt die Füllung am bequemsten aus dünnen Zinnstängelchen her, die durch vorsichtiges Auftragen der Schmelze im Reagensglase ähnlich wie Phosphorstangen zubereitet wurden. Das im Kork sitzende Rohr ragt nach unten um etwa  $\frac{2}{3}$  der Entfernung bis zum Wasserspiegel in die Glocke hinein, so daß sein unteres Ende also nicht vom angestiegenen Schälchen erreicht werden kann. Es ist aber unten als eine Art Verlängerung von einem Stück etwas weiteren Glasrohres umgeben. Um Herabfallen des lose verschiebbaren Rohrstückes zu hindern, verbindet ein Teile ein Zwirnsfaden von gerade solcher Länge, daß bei freiem Herabhängen der untere Teil etwa 1 cm im Wasser eintauchen würde. Die beiden Teile passen so nahe aufeinander, daß man vor dem Festdrücken des Korkes mit dem Rohrverband das schwimmende Schälchen bis in die Mitte der Glocke rücken kann. Ist es hier recht zur Ruhe gekommen, so hebt man die vereinten Röhren wieder etwas an und stellt sie so ein, daß die untere Rohröffnung auf dem Phosphorscheibchen aufliegt. Dann drückt man den Kork fest. Beim Versuch erhitzt man mit schräg gehaltener Bunsenflamme den untersten Teil der Zinneinlage, bis Tröpfchen abschmelzen und nach dem Fallen durch die Röhren den Phosphor entzünden. Beim späteren Anstiege des inneren Wasserspiegels schiebt sich die Rohrverlängerung, falls sie noch in das Schälchen ragt, auf das Rohr im Korke weiter hinauf, ohne das Schälchen zu hemmen.



Es empfiehlt sich, vor dem Entzünden den Stand des Wassers an der Glocke durch ein Stück Klebband (*diese Zeitschr.* 27, 174) und ebenso den Stand nach dem Abkühlen durch ein zweites zu bezeichnen. Die Schüler behalten so die Volumabnahme vor Augen, wenn für die Untersuchung des verbleibenden Säckstoffs die Wasserstände innen und außen ausgeglichen sind. Auch das geringe Verdichten des Glockeninhaltes beim Nachgießen von Wasser kann ein herangerufener Schüler erkennen. Sind z. B. im 30 cm hohen Luftraum der Glocke 6 cm durch die Verbrennung entfernt, so wird die verbliebene Gasmenge beim Ausgleichen der Wasserstände um nahezu  $\frac{6}{1000}$ , also in Höhe von  $240 \cdot \frac{6}{1000} = 1,44$  mm verkleinert (Änderungssatz, *diese Zeitschr.* 20, 273). Unter Benutzung des Klebbandes kann man andererseits auch schon bald nach der Verbrennung und von Zeit zu Zeit beim Verdichten des Stickstoffs wiederholt durch äußeres Nachgießen von Wasser die Wasserstände ziemlich ausgeglichen halten, falls man vielleicht der Dichtheit des Korkes — die durch Benetzen mit Wasser verbessert wird — nicht ganz traut. Er müßte ja sonst beim

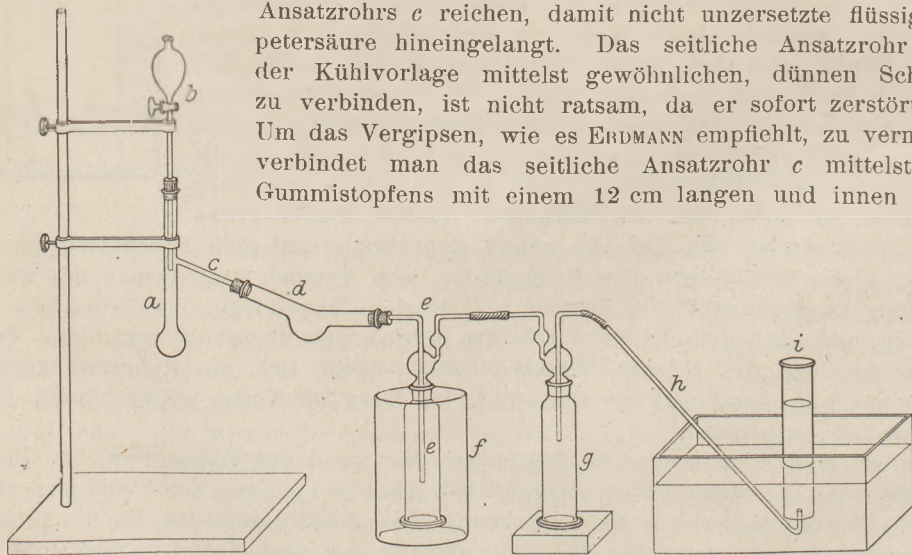
Versuch in etwa einer kleinen halben Stunde keine Luft eindringen lassen, trotz des äußeren Überdruckes von mehreren Zentimetern.

Die grundlegende Eigenschaft des Verbrennungsversuches rechtfertigt seine ausführliche Besprechung. Erwähnt sei noch, daß die mir zur Verfügung stehende, in dunkler Hülle aufbewahrte Phosphorart sich etwa  $\frac{1}{2}$  Minute nach dem Abtropfen im sonnenhellen Zimmer fast stets von selbst entzündete. Bei schnellem Hantieren konnte daher der Versuch öfters ohne Zünden durch heiße Gegenstände ausgeführt werden. Die schwimmende Schale wählt man am besten nur ziemlich klein, damit beim Versuch die nicht stark mit emporragende Luft um sie herum, da sie ihren Sauerstoff nicht völlig verliert, das Ergebnis zu sehr beeinflusst. Will man das quantitative Ergebnis des Versuchs etwas genauer prüfen, so stellt man die Glocke verkehrt und mit wagerechtem Rande auf. Aus Litergefäßen und Meßzylinder füllt man sodann Wasser in die Glocke bis zu dessen Stande beim Aufheften der Klebbandstreifen.

### Die Zersetzung konzentrierter Salpetersäure beim Erhitzen.

Von Studienrat Dr. G. Gruber in Königsberg i. Pr.

Die Veröffentlichung von H. BÖTTGER-Berlin (*diese Zeitschr.* 31, S. 152) veranlaßt mich, meine seit einigen Jahren benutzte Anordnung zu beschreiben, bei der die Kühlvorrichtung etwas einfacher herzustellen ist. Ebenso wie BÖTTGER verwende auch ich eine von H. ERDMANN in seinem Lehrb. der anorg. Chemie, 4. Aufl. 1906, S. 202, empfohlene kleine Destillationsflasche *a* aus Quarzglas. Die Spitze des Tropftrichters *b* muß etwas unter die Ansatzstelle des seitlichen Ansatzrohrs *c* reichen, damit nicht unzersetzte flüssige Salpetersäure hineingelangt. Das seitliche Ansatzrohr *c* mit der Kühlvorlage mittelst gewöhnlichen, dünnen Schlauchs zu verbinden, ist nicht ratsam, da er sofort zerstört wird. Um das Vergipsen, wie es ERDMANN empfiehlt, zu vermeiden, verbindet man das seitliche Ansatzrohr *c* mittelst eines Gummistopfers mit einem 12 cm langen und innen 1,6 cm



weiten Glasrohr *h* das in der Mitte einen Winkel von etwa  $150^\circ$  bildet und am Scheitelpunkt eine Erweiterung besitzt, worin sich wenigstens ein Teil der unzersetzten, dampfförmigen Salpetersäure verdichten kann. An das andere Ende des Glasrohrs *d* schließt man mittelst Gummistopfers die kleinste Drechselsche Waschflasche *e* (nominell 100 ccm Inhalt), deren langes Knierohr man vorher unten um etwa 4 cm verkürzt hat. Sie dient als Kühlvorlage und befindet sich in einem Batterieglas *f* von mindestens 20 cm Höhe und 10 cm Durchmesser. Bevor man die Waschflasche hineinstellt, bringt man zunächst auf den Boden des



Batterieglasses die Kältemischung (Schnee oder Eis und Viehsalz) und dann nach dem Hineinstellen der Waschflasche so viel, daß die Waschflasche bis oben von Kältemischung umgeben ist. Das kurze Knierohr von *e* verbindet man mittelst Schlauchs mit dem kurzen Knierohr (also umgekehrt) einer zweiten ebenso kleinen Drechselschen Waschflasche *g*, deren langes Knierohr fast ganz abgeschnitten ist. Daran schließt man eine Gasableitungsröhre *h*, die in eine pneumatische Wanne mit Wasser taucht und deren Ende unter einem mit Wasser gefüllten Fußzylinder *i* mittlerer Größe (125 cm Inhalt) ist. Noch zwei mit Wasser gefüllte Fußzylinder sind daneben in die Wanne zu stellen.

Man erhitzt nun die Quarzflasche mit der Gebläseflamme und läßt nur tropfenweise sehr konzentrierte Salpetersäure (sp. G. 1,48 von Kahlbaum) hineinfließen. Sofort treten rotbraune Dämpfe von Stickstoffdioxid auf. Gelangt zuviel Säure hinein, so siedet sie nur, ohne vollständig zersetzt zu werden. Dadurch, daß das lange Knierohr der ersten Waschflasche *e* verkürzt ist, wird verhütet, daß die sich ansammelnde Flüssigkeit zurücksteigt. Da die zweite Waschflasche *g* umgekehrt angebracht ist und ihr langes Knierohr sehr verkürzt ist, kann etwa hineinsteigendes Sperrwasser nicht gefährlich werden und der entstehende Sauerstoff leicht entweichen. Sollte die Sauerstoffentwicklung stocken und Sperrwasser übersteigen, so wird die Leitungsröhre *h* von einem Schüler, dem man das Auffangen des Sauerstoffs überläßt, aus der pneumatischen Wanne für einen Augenblick herausgenommen. Bei dieser Art zu kühlen ist dem entwickelten Sauerstoff der zweiten Waschflasche *g* nur wenig Stickstoffperoxyd beigemengt. Will man letzteres vollständig verdichten, so muß man noch eine zweite Kühlvorrichtung einschalten, was jedoch nicht notwendig ist. Nach Beendigung des Versuchs kann man selbstverständlich Sauerstoff auch in der zweiten und ersten Waschflasche nachweisen.

Allenfalls kann man den Versuch auch ohne die Kühlvorrichtung *e + f* anstellen. In der Waschflasche *g* beobachtet man das rotbraune Stickstoffperoxyd und fängt in kleinen Fußzylindern das entweichende Gas auf. Das des zweiten und dritten Fußzylinders bringt einen glimmenden Span zum Aufflammen.

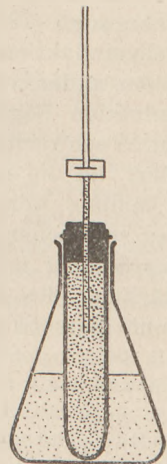
### Nachweis des osmotischen Druckes in Flüssigkeiten für Schülerübungen.

Von Dr. O. Pötzsch in Berlin-Lichtenberg.

Neben den mit Tierblase oder Pergament verschlossenen Zylindern und Kapseln wird zur Vorführung der Osmoseerscheinungen Pergamentschlauch empfohlen (Voigt, Praxis der Naturkunde 1913, Band I, S. 119 und 120). Da eine gute Abdichtung, auch bei Verwendung von Kork- anstatt Gummipfropfen, sich durch Umwickeln mit Draht und Bindfaden erzielen läßt, so gelingen die Versuche mit Pergamentschlauch sicher.

Noch besser finden die Diffusionshülsen von Schleicher und Schül, Düren, Verwendung, das Stück von der Größe 100×16 mm etwa 1 M. Sie haben die Form von Reagenzgläsern, so daß nur eine Abdichtung, statt 2 bei Pergamentschlauch, nötig ist. Vor allem sind sie ihrer geringen Größe und des damit verbundenen sparsamen Verbrauchs von Chemikalien, sowie ihrer einfachen Handhabung wegen für Schülerübungen vorzüglich geeignet.

Vor dem Gebrauch weiche man die Hülse einige Zeit in Wasser ein. Dann fülle man sie bis zum Rande, setze einen durchbohrten Kork mit Steigrohr (etwa 50 cm lang und 3 mm lichte Weite) gut ein, so daß die Flüssigkeit etwas in das Steigrohr eindringt, und dichte noch mit einer Schleife aus dünnem Draht ab. Die Hülse setze man dann



in ein zur Hälfte mit Leitungswasser gefülltes Erlenmeyerkölbchen von geeigneter Größe ein, durch dessen Hals sie den nötigen Halt zum Senkrechtstehen bekommt. Zur Füllung der Hülse verwende ich eine Mischung zu gleichen Teilen von 50<sup>o</sup>/<sub>o</sub>-iger Rohrzuckerlösung und 10<sup>o</sup>/<sub>o</sub>-iger Kupfervitriollösung. Schon nach kurzer Zeit zeigt sich eine milchige Trübung des Wassers im Kolben durch ausgetretenes  $\text{CuSO}_4$  und ein Ansteigen der Flüssigkeit im Steigrohr durch mit größerer Geschwindigkeit eingedrungenes Wasser (Diosmose). Der in den Kolben diffundierte Rohrzucker läßt sich nach Kochen mit einigen Tropfen Schwefelsäure (Invertierung) mit der Trommerschen Probe (soviel Kalilauge bis alkalisch und Kochen mit ganz wenig, ganz verdünnter Kupfervitriollösung, es genügt das durch die Membran getretene  $\text{CuSO}_4$ ) durch den gelbten Niederschlag von Kupferoxydul zeigen.

Sehr leicht läßt sich auch eine halbdurchlässige Membran herstellen. In ein Bechergläschen mit einer verdünnten Lösung von gelbem Blutlaugensalz wird eine mit einer verdünnten Kupferchloridlösung beschickte Diffusionshülse bis zum Rand eingetaucht und wenigstens 24 Stunden stehen lassen. In der Hülse wand bildet sich eine braune Niederschlagsmembran von Ferröcyankupfer.

## Für die Praxis.

**Einfache Herstellung von optischen Gittern.** Von **Erich C. Müller** in Stettin. Gitter der verschiedensten Art, die sich für Vorführungszwecke gut verwenden lassen, habe ich mir ohne nennenswerte Kosten hergestellt, indem ich von eng gestreiften, karierten oder punktierten Stoffen, Papieren (sog. Kofferpapier) u. dergl. auf ( $4\frac{1}{2} \times 6$ ) Diapositivplatten Photographien anfertigte. Durch Aufnahme desselben Objektes in verschiedenen Entfernungen läßt sich gut der Einfluß der Gitterbreite zeigen. Man kann fast mühelos eine ganze Klasse mit gleichartigen Gittern versehen und damit mancherlei subjektive Beobachtungen anstellen lassen. In geeigneten Fällen sind derartige, selbst verfertigte Gitter auch als sogenannte Taschenspektroskope recht brauchbar.

**Über die Selbstinduktion.** Von **A. Witting** in Dresden. Zu der Mitteilung von **A. Klaus** im vorigen Jahrgang, S. 128, bemerke ich, daß ich bereits im neunten Jahrgange (1896) dieser Zeitschrift, S. 240, dieselbe Anordnung zum Nachweis der Selbstinduktion vorgeschlagen habe. Bei dieser Gelegenheit darf ich vielleicht noch einen anderen Versuch anführen, mit dem ich gewöhnlich die Behandlung der Selbstinduktion beginne. Zunächst wird gezeigt, wie sich eine schwache Stromquelle durch schwache Funken verrät, wenn man mit dem einen Drahtende über eine Raspel fährt, an die man das andere Drahtende drückt. Nun fragt man, wie sich die Erscheinung wohl ändern wird, wenn man eine Drahtrolle, die doch einen angesichts des schwachen Stromes beträchtlichen Widerstand habe, einschaltet. Das Erstaunen der Schüler ist stets sehr groß, wenn sie gegen ihre Erwartung eine deutliche Verstärkung des Funkensprühens sehen. Natürlich muß die (nicht bifilar gewickelte) Spule passend ausgesucht sein. Dieser Versuch führt dann auf die Induktion usw.



## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Quecksilberdampfstrahlpumpen.** Im weiteren Verlauf seiner Untersuchungen über die Diffusionspumpen (vgl. *diese Zeitschr.* 28. 1915; 325) kam W. GAEDE zu der Konstruktion einer Pumpenform, bei der nicht Wasserdampf, sondern Quecksilberdampf angewandt wird und die Diffusion nicht durch eine poröse Tonwand, sondern durch einen Spalt eines Stahlzylinders erfolgt, dessen Weite nahe gleich der mittleren freien Weglänge der Luftmoleküle, etwa 0,04 mm ist. Indem der Quecksilberstrom an diesem vorbeigeht, diffundiert ein Teil von ihm durch den molekularen Spalt nach der Seite des Rezipienten und wird beim Durchgang durch eine Kühlvorrichtung mit flüssiger Luft verdichtet; die in entgegengesetzter Richtung durch den Spalt diffundierende Luft strömt mit dem Hauptteil des Quecksilberdampfes in einen beständig auf einem Vorvakuum erhaltenen Raum, wo der Dampf gleichfalls durch eine Kühlvorrichtung kondensiert wird. Nach der von GAEDE entwickelten Theorie erhält man die beste Saugwirkung, wenn der Quecksilberdampfdruck den Vorvakuumdruck nur wenig übersteigt; die Wirksamkeit der Maschine ist also sehr wesentlich von der Temperatur des Quecksilberdampfes abhängig, was eine dauernde Kontrolle dieser Temperatur erforderlich macht. Andererseits gründet sich die große Überlegenheit der neuen Pumpe über alle früheren hauptsächlich darauf, daß die Sauggeschwindigkeit auch bei den niedersten Drucken konstant bleibt, daß daher auch keine Grenze für das erreichbare Vakuum vorhanden ist.

Im Anschlusse an diese Erfindung GAEDES suchte J. LANGMUIR<sup>1)</sup> den langsamen Diffusionsvorgang durch einen anderen zu ersetzen, der dem Quecksilberdampfstrom die Luftmoleküle schneller zuführt. Er dachte zunächst an die Verwendung der hydrodynamischen Druckerniedrigung durch hohe Dampfstrahlgeschwindigkeit, wie sie bei den Dampfstrahlejektoren verwendet wird, bei denen der Dampfstrahl aus einem engen Rohr in ein weiteres Rohr überströmt. Es zeigte sich jedoch, daß der Dampfstrahl seine Saugkraft vollkommen verliert, wenn er statt in Luft von Atmosphärendruck in ein Vorvakuum von 0,1 bis 0,01 mm Quecksilbersäule eintritt. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß der Strahl im letzteren Fall sich nicht geradlinig fortsetzt, sondern eine starke büschelförmige Ausbreitung auf den Seiten erfährt, sich an der Wandung

kondensiert, dann infolge der steigenden Kondenswärme wieder verdampft und nun durch Eindringen in die Überströmungsstelle den Saugvorgang stört. Eine einfache Abhilfe kann durch starke Wasserkühlung der Wand bewirkt werden. Auch erschien es vorteilhaft, daß die Dampf- moleküle unter möglichst spitzem Winkel auf die Wandung des weiteren Rohres treffen. Hier- auf gründet sich die Konstruktion der „Konden- sationspumpe von LANGMUIR“ (Fig. 1). Das bei A siedende Quecksilber gibt einen Dampfstrom ab, der durch das Rohr B zur Austrittsstelle L mit dem Spalt S geleitet und an der Wandung des Kondensors C kondensiert wird. K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> ist der Kühler. Bei F ist der Rezipient, bei V das

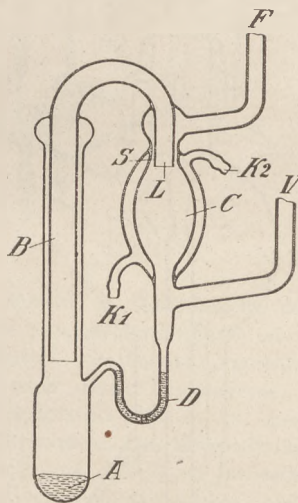


Fig. 1.

Vorvakuum angeschlossen. Das Kondensqueck- silber kehrt durch D nach A zurück. Die Saug- geschwindigkeit dieser Pumpe beläuft sich je nach ihrer Größe für Luft auf 1500 bis 3000 ccm/sec (bei der vorher beschriebenen G a e d e-Pumpe nur auf 80 ccm/sec); die Pumpe ist auch nicht an eine kritische Temperatureinstellung des Queck- silberdampfes gebunden, das erforderliche Vor- vakuum beträgt 0,05 bis 0,5 mm Quecksilber- druck, die Weite des Spalts 0,5 bis 2 mm.

Eine Verbesserung dieser Pumpe stellt die von W. CRAWFORD<sup>1)</sup> konstruierte Parallelstrahl- pumpe (Fig. 2) dar, bei der Erfahrungen des Dampfturbinenbaus Verwendung gefunden haben und ein Spalt nicht benutzt wird. Die Aus- strömungsöffnung für den Dampf ist hier in

<sup>1)</sup> Journ. of the Franklin Institute, Vol. 182, S. 719—743, 1916; Phys. Rev. 8, S. 48—51 (1916), General Electr. Rev. 19, 1060—1071 (1916) u. a.

<sup>1)</sup> Phys. Rev. 10, S. 557—563 (Nov. 1917).

Form einer nach außen sich erweiternden Düse  $L_1 L_2$  gestaltet. Bei richtiger Form der Düse treten alle Teilchen des Dampfes mit gleicher und gleichgerichteter Geschwindigkeit, also als „Parallelstrahl“ aus. Da durch den Querschnitt der Düsenöffnung der Betrag der Expansion festgelegt ist, so muß die Saugwirkung der Pumpe

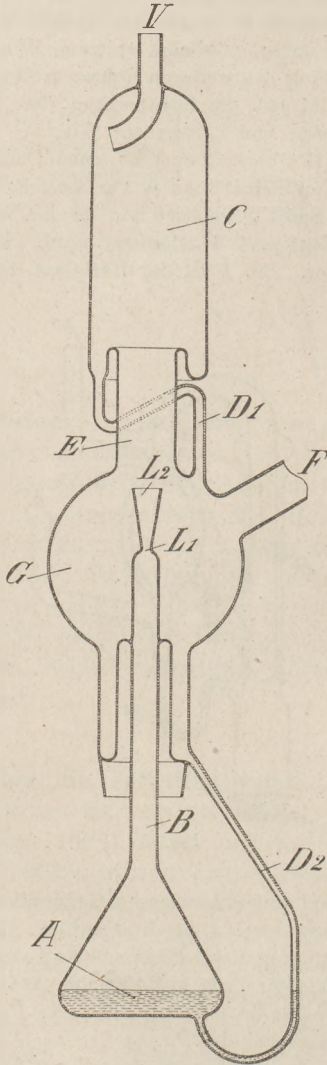


Fig. 2.

vom Druck, d. h. von der Temperatur des Quecksilbers im Siedegefaß abhängig sein. Dies ist tatsächlich bis zu einem gewissen Grade der Fall. Im übrigen ist die Sauggeschwindigkeit nahezu dieselbe wie die der Kondensationspumpe. In Fig. 2 zeigt  $A$  das Siedegefaß für das Quecksilber, dessen Dampf durch die Düse  $L_1 L_2$  in das Rohr  $E$  und von hier in den luftgekühlten Kondensator  $C$  strömt, der bei  $V$  an eine Vor-

vakuumpumpe angeschlossen ist. Die kondensierten Quecksilbertröpfchen kehren durch  $D_1 D_2$  nach  $A$  zurück. Eine besondere Kühlung des Rohrs  $E$  ist nicht erforderlich, selbst eine zusätzliche Erwärmung, die jede Kondensation an der Wandung verhindert, stört die Wirkung der Pumpe nicht.

Eine Neukonstruktion der Gaedescchen Diffusionspumpe unter Hinzunahme des Kondensationsprinzips hat die Firma Leybolds Nachf. in

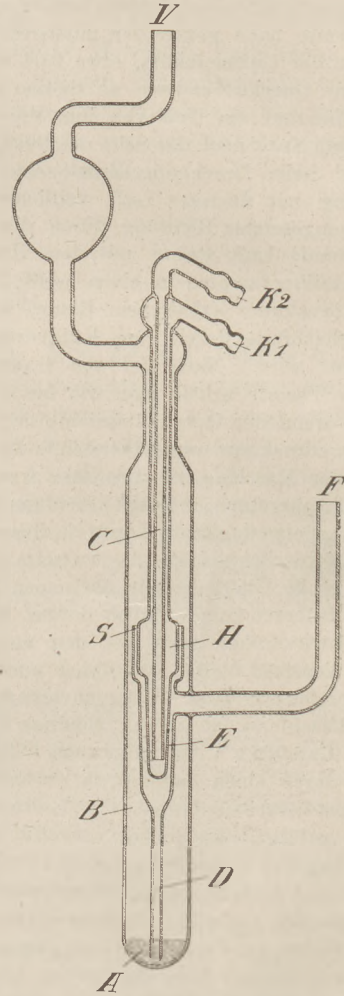


Fig. 3.

Cöln seit Juli 1917 in den Handel gebracht (Fig. 3). Der Kondensator  $C$  und die obere Wandung von  $B$  sind durch  $K_1 K_2$  stark luftgekühlt. Der Quecksilberdampf steigt in  $B$  aufwärts, nimmt bei  $S$  die Gasmoleküle mit und treibt sie am Kondensator  $C$  entlang in das Vorvakuum  $V$  hinein. Der Rezipient ist bei  $F$  angeschlossen. Das kondensierte Quecksilber kehrt größtenteils durch den Spalt  $S$  und das Rohr  $D$  nach  $A$  zurück. Indessen wird



die Wirksamkeit der Pumpe durch diese Rückführung des Quecksilbers bei stärkerer Erhitzung von *A* gestört. Die Kondenströpfchen oberhalb *S* scheinen störend auf die Entwicklung des Dampfstrahls zu wirken, auch gibt die heiße Quecksilberoberfläche in *D* direkt Dämpfe ins Hochvakuum ab, zu deren Kondensation der ins Hochvakuum ragende Kühlanlass *E* nicht mehr ausreicht. Die Pumpe versagt daher bei zu starker Erhitzung.

Bei den bisher beschriebenen Pumpen wird die Erhitzung des Quecksilbers durch Bunsenbrenner oder durch elektrische Öfen bewirkt. Letztere leiden an einer gewissen Trägheit, bei ersteren tritt leicht ein Springen der Glaswand und eine gesundheitsschädliche Ausbreitung von Quecksilberdämpfen ein. Dies wird vermieden, wenn man den Quecksilberlichtbogen zur Dampferzeugung benutzt, wie zuerst JONES und RUSSEL<sup>1)</sup> versucht haben. Denselben Gedanken hat neuerdings die Siemens und Halske A. G. (Wernerwerk) zur Konstruktion einer Quecksilberlichtbogenpumpe verwendet. Die Pumpe (Fig. 4) stellt eine Verbindung der Kondensationspumpe (Fig. 4) mit einer Pérot-Fabry-Lampe dar. Durch geringe Erschütterung der Pumpe wird der Lichtbogen zwischen dem Gefäß *A*<sub>1</sub> und dem es umgebenden Quecksilberring *A*<sub>2</sub> gezündet. Um einen stetigen Lichtbogen zu erhalten, ist die Innenelektrode *A*<sub>1</sub> als Kathode gewählt, ihr wird auch das Kondensquecksilber durch *D* wieder zugeführt. Der starken Erwärmung durch das Kathodenbüschel verdampft im wesentlichen nur Quecksilber aus *A*<sub>1</sub>. Wegen der großen Dichte des Dampfstroms muß man für hinreichend große Kondensflächen von *C* Sorge tragen. Dies erfordert wieder eine Verlängerung des Dampfleitungsrohres *B*. Um in diesem durch vorzeitige Kondensation des Dampfes keine Verluste zu er-

leiden, ist auf der Wandung von *B* unter Asbestisolierung ein Teil des Vorschaltwiderstandes angebracht. Der Lichtbogen erfordert eine Spannung von 15 Volt und eine Stromstärke von etwa 3 Amp., die nach Bedarf auf 5 Amp. und mehr gesteigert werden kann. Die Pumpe hat außer ihrer gedungenen Form den Vorteil, daß sie

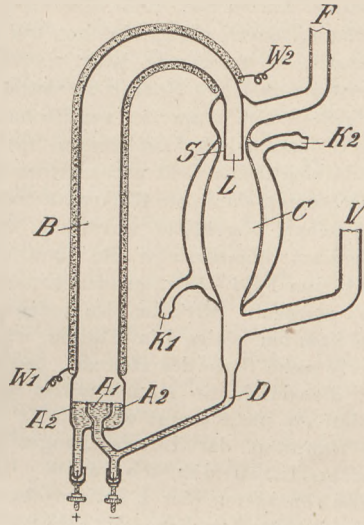


Fig. 4.

nach dem Zünden des Lichtbogens fast sofort arbeitet, ihre Sauggeschwindigkeit ist von derselben Größenart, wie die der LANGMUIR-Pumpe.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Quecksilberdampfstrahlumpen zu einer unentbehrlichen Apparatur für Hochvakuumarbeiten geworden sind und daß ihnen insbesondere die modernen Hochvakuumverstärker und Siederöhren zum guten Teil die erreichte Vollkommenheit verdanken.

Nach einem Aufsatz von A. Gehrts in den „Naturwissenschaften“ VI, Heft 51 (19. Dezbr. 1919.)

<sup>1)</sup> Phys. Rev. 10, 301–304, Sept. 1917.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Die Einwirkung des elektrischen Feldes auf Spektrallinien.** Von J. STARK und seinen Mitarbeitern (H. KIRSCHBAUM, O. HARDTKE, G. LIEBERT, E. BROSE, M. RITTER)<sup>1)</sup>.

Um die elektrische Zerlegung von Spektrallinien in dem Falle zu untersuchen, wo die Lichtemission senkrecht zur Feldrichtung steht, wurden in einer Kathodenröhre (Fig. 1) zwei Elektroden *F* und *K* in 3 mm Abstand einander gegenüber

gestellt. Außerdem war in 10–15 cm Abstand von *K* die Anode *A* angebracht und zwischen *A* und *K* eine Hochspannungsquelle gelegt. Die an der durchlöchernten Kathode *K* entstehenden Kanalstrahlen treten in das Spannungsfeld zwischen *F* und *K* und rufen hier die gewünschte Lichtemission hervor.

Bei einer anderen Anordnung wurde die Lichtemission der ersten Kathodenschicht des Glimmstroms benutzt. Hierbei wird das Gas durch die Kanalstrahlen, die auf die Kathode zulaufen und zu einem kleinen Teil auch durch die von ihr weglauenden Kathodenstrahlen zum Leuchten angeregt. Diese Methode hat den Vorteil, daß nur eine einzige Spannungsquelle

<sup>1)</sup> J. Stark, Elektrische Spektralanalyse chemischer Atome. S. Hirzel. Leipzig 1914. — Annalen der Physik 43, 991 (1914); 48, 210, 226 (1915); 56, 569, 577, 589, 610 (1918); 58, 712, 723, 731; 59, 170; 60, 196 (1919).

nötig ist. Um große Feldstärke von der Kathode zu erzielen, wurde von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß der Kathodenfall für einen bestimmten Gasdruck bei Querschnittsverminderung stark ansteigt. Die Glimmstromkathode bestand daher aus einem 4 mm dicken Kupferstift mit Aluminiumkappe, der in ein eng anschließendes Rohr von Quarzglas eingebettet war. Dicht über der Kathode war in dem Rohr eine kleine seitliche Öffnung, durch welche das von der ersten Kathodenschicht kommende Licht in ein mit Quarzfenster versehenes Seitenrohr eintrat. Vor diesem befand sich dann der zur Beobachtung dienende Spektrograph, auf dessen Spalt das leuchtende elektrische Feld mittels eines Quarzflußspatchromats durch ein Kalkspatrhomboeder hindurch scharf abgebildet wurde, so daß im Spektrogramm übereinander die parallel und senkrecht zum Feld schwingenden Linienbilder erhalten wurden. Mit der Kathodenschichtmethode konnten einige Linienserien, wie z. B. die Fowlersche Serie des Heliums, beobachtet werden, die durch die Kanalstrahlen bei der ersten Methode nicht erregt wurden.

Ein Hauptteil der Untersuchungen betraf die Serienlinien des Heliums. Runge und Paschen hatten hier 2 Seriensysteme, die sie nach ihrem Aussehen als „scharfe“ und „diffuse“ Haupt- und Nebenserie bezeichneten, unterschieden. Bei STARK kommt noch eine „fast scharfe“ Haupt- und Nebenserie hinzu. Alle haben das einwertige  $\text{He}^+$ -Ion als Träger und werden durch das elektrische Feld ohne Zerlegung nach den längeren Wellen hin verschoben. Im ganzen hat das  $\text{He}^+$ -Ion 12 Serien. STARK stellt in jeder Serienformel die Wellenzahl einer Linie als Differenz zweier Zahlen dar, von denen die erste das konstante Ende der Serie (Endzahl) darstellt, die andere sich von Glied zu Glied ändert (Laufzahl). In den  $\text{He}^+$ -Serien sind drei Hauptserien mit derselben Endzahl und drei Nebenserien mit derselben Endzahl vorhanden; jeder Hauptserie ist eine Nebenserie mit derselben Laufzahl beigeordnet. Die Wirkung des elektrischen Feldes auf ein Glied einer Serie wird durch die Laufzahl des Gliedes bestimmt; das Intensitätsverhältnis der Linien untereinander hängt von der Stärke des Feldes ab (siehe weiter unten).

Ein ähnliches System von 6 Serien fand G. LIEBERT auch für die  $\text{He II}$ -Linien, die das zweiwertige Heliumatom  $\text{He}^{++}$  als Träger haben, und zwar ergab sich für diese die gleiche Wirkung des elektrischen Feldes, wie es STARK bei den  $\text{He I}$ -Linien gefunden hatte. Bemerkenswert ist aber, daß die Glieder der „fast scharfen“  $\text{He II}$ -Serie und zwar sowohl der Haupt- als der Nebenserie durch das elektrische Feld ohne Zer-

legung nach kürzeren Wellen verschoben werden. Die Linien der im Ultraviolett liegenden von Fowler entdeckten  $\text{He II}$ -Serie wurden im elektrischen Felde ebenso symmetrisch zerlegt wie die Linien der Balmerischen  $\text{H}^+$ -Serie, durchaus verschieden von den Linien der  $\text{He}^+$ -Serie. Eine von Koch entdeckte dritte Nebenserie des  $\text{He I}$  zeichnet sich dadurch aus, daß sie, ebenso wie die dritte Nebenserie des Lithiums unter Einwirkung des elektrischen Feldes beträchtlich an Intensität gewinnt. LIEBERT konnte noch weitere Glieder dieser Serie nachweisen, bei der mit zunehmender Feldstärke auch eine Verschiebung nach den kürzeren Wellen hin erfolgt.

Weitere Untersuchungen bezogen sich auf den Vergleich der elektrischen Feldwirkung bei Linien verschiedener Elemente. Die Übereinstimmung der  $\text{He}$ - und  $\text{Li}$ -Linien wurde schon erwähnt. Es folgten Versuche mit  $\text{Na}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Al}$ . Benutzt wurde wieder die Kathodenschichtmethode, wobei das zu untersuchende Metall als 1–2 mm dicke Kappe auf die Kathode aufgesetzt wurde; infolge seiner Zerstäubung durch die auftreffenden Kanalstrahlen erfolgt dann die Emission der Linien. Als Füllgas diente  $\text{He}$ , zum Teil gemischt mit  $\text{Hg}$ -Dampf. Die Wirkung des elektrischen Feldes ergab grosse Unterschiede zwischen  $\text{Al}$  einerseits und  $\text{Na}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ag}$  andererseits, was auf Verschiedenheit der Valenzzahlen zurückzuführen sein dürfte. Die Art der Feldwirkung ist ferner bei den  $\text{Cu}$ -Linien anders als bei den entsprechenden  $\text{Ag}$ -Linien, was von STARK auf das Auftreten einer neuen, der „nahdiffusen“ Dupletserie zurückgeführt wird, die bei  $\text{Ag}$  mit den Linien der diffusen Serie zusammenfällt, während sie bei den anderen getrennt ist. Die Linien der diffusen Dupletserie von  $\text{Na}$  und  $\text{Cu}$  werden durch das Feld nach Rot verschoben. Die diffusen  $\text{Ag}$ -Linien zeigen zwei kurzwellige Komponenten. Durch Erhöhung der Strom- und Dampfdichte werden die ersteren nach Rot, die anderen nach Violett hin verbreitert. Auch die nahdiffusen  $\text{Na}$ - und  $\text{Cu}$ -Linien wurden ohne Zerlegung nach den kürzeren Wellen hin verschoben und verbreitert.

Bei allen diesen Serien hat sich das Gesetz bewährt, daß die Wirkung des elektrischen Feldes auf Serienlinien, gemessen in Frequenzänderung entlang der Serie, mit steigender Gliednummer zunimmt; dabei weisen Linien derselben Laufzahl aus einer Serie erster und zweiter Ordnung dieselbe Wirkung auf. Ferner ist das Verhältnis der Intensitäten verschiedener Gruppen von der Stärke des elektrischen Feldes abhängig. Dieses vermag die Intensität einzelner Serien im Verhältnis zu den anderen Serien so zu



verstärken, daß sie überhaupt erst sichtbar werden.

Da die Zerlegung der Spektrallinien von der Stärke des elektrischen Feldes vor der Kathode abhängt, so lag es nahe, aus der Größe der Zerlegung die Feldstärke zu bestimmen. Versuche dieser Art wurden von E. BROSE mit der Wasserstofflinie  $H\gamma$  angestellt. Diese wird symmetrisch zur unzerlegten Linie in parallel und senkrecht zum Feld schwingende Komponenten zerlegt, deren Abstand proportional der Feldstärke ist. Von den mit dem Spektrographen aufgenommenen Linien wurden mit einem Mikroskop die Abstände gemessen. Es ergab sich, daß die Feldstärke vor der Kathode einen erheblichen Wert hat, von ihr weg bis zu einem Höchstwert zunimmt, und dann gegen die negative Glimmschicht auf einen sehr kleinen Wert fällt. Ferner liegt unmittelbar vor der Kathode immer eine Schicht mit negativer Ladung; im Querschnitt größter Feldstärke ist die Ladung Null; von da bis zum negativen Glimmlicht ist der Dunkelraum positiv geladen. Die positive Ladung steigt schnell auf ein Maximum und fällt dann allmählich auf einen sehr kleinen Wert.

Durch große Dampf- und Stromdichte werden die Serienlinien verbreitert. Die Gesetzmäßigkeiten dieser Linienverbreiterung kehren in den Gesetzmäßigkeiten des elektrischen Effekts auf Spektrallinien wieder. Innerhalb einer Serie nimmt die Verbreiterung mit steigender Gliednummer zu; das gleiche gilt für die Wirkung des elektrischen Feldes. Einer dissymmetrischen Verbreiterung einer Serienlinie entspricht eine dissymmetrische elektrische Zerlegung. Linien der diffusen Nebenserie werden stärker verbreitert als Linien gleicher Nummern von der scharfen Haupt- und Nebenserie; der Unterschied der Verbreiterung hat die Bezeichnungen „diffus“ und „scharf“ veranlaßt. Im elektrischen Felde zeigen die beiden Serienarten den gleichen Unterschied. Linienverbreiterung und elektrische Feldwirkung sind bei Wasserstoff größer als bei allen anderen Elementen. Innerhalb einer Vertikalreihe des periodischen Systems der Elemente nimmt die Verbreiterung entsprechender Linien ebenso wie die Wirkung des elektrischen Feldes mit wachsendem Atomgewicht ab. Linien, wie die des Quecksilbers, die trotz hohen Atomgewichts eine merkliche elektrische Zerlegung zeigen, lassen sich auch durch Erhöhung der Stromdichte leicht verbreitern. Diese Übereinstimmung zwischen den Gesetzen des elektrischen Feldes und der Verbreiterung der Serienlinien führte STARK zu der Annahme, daß die Linienverbreiterung auch eine elektrische Wirkung ist,

veranlaßt durch zwischenmolekulare elektrische Felder.

Das gleiche gilt für die Verschiebung vieler Serienlinien, die bei Erhöhung des Gasdrucks, zugleich mit der Verbreiterung nach längeren Wellen hin, erfolgt. Stark erklärt diese Verschiebung „aus der stetigen Aneinanderreihung der Komponenten einer Linie infolge ihrer von Atom zu Atom in einem Aggregat verschieden großen Zerlegungen“. Die Verschiebung tritt immer dann ein, wenn die lang- bzw. kurzwelligen Komponenten intensiver sind, als die kurz- bzw. langwelligen Komponenten und einen gleich großen oder kleineren Abstand von der unzerlegten Linie haben. Diese Voraussetzungen sind bei der elektrischen Zerlegung aller bis jetzt untersuchten Serienlinien erfüllt mit Ausnahme der Hauptserie He II. Die Druckverschiebung wäre hiernach auch auf zwischenmolekulare Felder zurückzuführen.

Die Richtigkeit dieser Erklärung wurde von M. RITTER an Linien von Zink, Quecksilber, Lithium, Calcium geprüft. Benutzt wurde wieder die Kathodenschichtmethode, bei der die Metalle als Kathoden dienten und die Gasfüllung aus Helium oder aus stickstoffhaltigem Argon bestand. Zahlreiche Serienlinien der genannten Metalle gelangten zur Untersuchung, die bei allen zu dem gleichen Ergebnis führte. Die Wirkung des elektrischen Feldes, die Druckverschiebung und die dissymmetrische Verbreiterung nahmen übereinstimmend längs einer Serie, also mit abnehmender Wellenlänge, zu. Ebenso stimmte das Vorzeichen der Verschiebung durch die Feldwirkung ausnahmslos mit dem Vorzeichen der Verschiebung durch Druckerhöhung und dem Vorzeichen der Dissymmetrie überein. Hiernach kann die STARKSche Hypothese, daß die Druckverschiebung und die dissymmetrische Verbreiterung von Serienlinien durch zwischenmolekulare elektrische Felder bewirkt wird, auch als experimentell bestätigt betrachtet werden. P. DEBYE<sup>1)</sup> und vor allem J. HOLTSMARK<sup>2)</sup> haben eine Theorie der Verbreiterung von Serienlinien durch molekularelektrische Felder entwickelt und durch Vergleich mit dem vorliegenden experimentellen Material eine gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung gefunden.

Eine oben bereits erwähnte Wirkung des elektrischen Feldes auf Spektrallinien ist die, daß die Intensität gewisser Serien eines Elements im Verhältnis zu derjenigen anderer Serien außerhalb eines elektrischen Feldes unmerklich klein ist, dagegen in einem elektrischen Felde

<sup>1)</sup> Phys. Zeitschr. 20, 160 (1919).

<sup>2)</sup> Ann. d. Physik 58, 577 (1919).

mit dessen wachsender Stärke rasch größer wird und diejenige anderer Serien erreicht. Für Spektren, in denen solche Serien vorkommen, ist die Verteilung der Intensität innerhalb dieser Serien, sowie zwischen ihnen und anderen Serien von der Stärke der elektrischen Felder abhängig. Dieselbe Wirkung wird auch von intermolekularen Feldern hervorgebracht. Das trifft zu für die halbscharfe (dritte) Nebenserie des Lithiums, die nur im elektrischen Feld, dann aber auch am Lichtbogen in freier Luft, also bei hohem Gasdruck und großer Stromdichte beobachtet wird. Das gleiche gilt für die halbscharfe (dritte) Nebenserie des Heliums und für die nahdiffuse Nebenserie des Lithiums und Heliums, die ebenfalls sowohl im elektrischen Feld als bei hoher Dampf- und Stromdichte sichtbar werden.

*Schl.*

**Das Wesen des Lichtes.** In der Hauptversammlung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft am 28. Oktober 1919 hat MAX PLANCK hierüber einen Vortrag gehalten, der in den „Naturwissenschaften“ VII, Heft 48 abgedruckt und auch als besondere Schrift bei Julius Springer in Berlin erschienen ist.

Nachdem er die Entwicklung der Lehre vom Licht bis zur elektromagnetischen Lichttheorie geschildert, geht PLANCK näher auf die neuesten Forschungen ein, die sich auf den Anteil der Energiequanten an der Lichtemission beziehen. Läßt man ultraviolettes Licht auf eine Metallplatte fallen, die sich in einem evakuierten Raum befindet, so wird bekanntlich aus dem Metall eine gewisse Menge Elektronen mit mehr oder minder großer Geschwindigkeit herausgeschleudert, deren Energie nicht dem Metall, sondern den Lichtstrahlen entstammt, die das Metall treffen. Bemerkenswerterweise hängt, wie LÉNARD gezeigt hat, die Elektronengeschwindigkeit nicht von der Intensität der Strahlung, sondern nur von der Wellenlänge des verwendeten Lichtes ab, sie ist um so größer, je kürzere Wellen benutzt werden. Dient z. B. ein elektrischer Entladungsfunkle als Lichtquelle, und entfernt man diese immer weiter von dem Metall, so wird mit der Abnahme der Lichtstärke nicht die Geschwindigkeit, sondern die Zahl der in der Sekunde fortgeschleuderten Elektronen immer geringer. Es ist nun die Frage, woher das herausfliegende Elektron seine Energie nimmt, wenn die Entfernung der Lichtquelle so groß wird, daß die Lichtintensität fast ganz verschwindet, während doch die Elektronen keine Spur einer Verminderung ihrer Geschwindigkeit zeigen. Es scheint eine Art Anhäufung von Energie an den Stellen stattzufinden, wo die Abschleuderung der Elektronen vor sich geht. Dies widerspricht aber dem HUYGENSschen Prinzip der gleichmäßigen Licht-

ausbreitung, wie sie bisher aufgefaßt wurde. Man ist vielmehr genötigt, anzunehmen, daß die Lichtenergie sich nicht gleichmäßig ausbreitet, sondern stets in gewissen bestimmten, nur von der Farbe abhängenden Quanten konzentriert bleibt, die sich mit Lichtgeschwindigkeit durch den Raum fortbewegen. Trifft ein solches Lichtquantum in dem Metall auf ein Elektron, so kann es diesem seine Energie mitteilen und diese bleibt natürlich immer dieselbe, mag die Entfernung von der Lichtquelle auch noch so groß sein. Man wird damit zu einer, energetisch modifizierten Form der NEWTONschen Emanationstheorie geführt: Eine ungemein große Schwierigkeit für eine solche Annahme erhebt sich aber aus der Tatsache der Interferenz, da nicht abzusehen ist, wie sich zwei gleich beschaffene Lichtquanten sollen neutralisieren können, ohne daß das Energieprinzip verletzt wird.

Man kann diesem Dilemma entgehen, wenn man es mit der Annahme versucht, daß die Energie der von dem Metall abgeschleuderten Elektronen nicht der Strahlung, sondern dem Metall entstammt, daß also die Strahlung nur auslösend wirkt. Man müßte dann die weitere Voraussetzung machen, daß der Betrag der ausgelösten Energie ausschließlich von der Art abhängt, in der die Auslösung erfolgt. PLANCK bedient sich hier eines bereits von MAX BORN gebrauchten Bildes. Ein hoher Apfelbaum sei in allen seinen Zweigen reich behangen mit reifen Früchten, die alle gleich groß, aber verschiedenen lang gestielt sind, und zwar die höher hängenden kurzgestielt, die tiefer hängenden langgestielt. Bei gleichmäßigem Winde wurden die ersteren schneller, die letzteren langsamer pendeln, ohne daß eine herabfällt. Wenn man dagegen den Baum in einem regelmäßigen Rhythmus schüttelt, so werden die Schwingungen der Äpfel verstärkt, deren Periode mit dem Tempo des Schüttelns übereinstimmt, und es wird eine Anzahl von ihnen herabfallen, um so mehr, je länger und je heftiger geschüttelt wird. Diese Äpfel werden mit einer Geschwindigkeit zu Boden fallen, die durch ihre ursprüngliche Höhe, also auch nur durch die Länge ihres Stiels bedingt ist. Was in diesem Fall die Gravitation, das leistet bei den Elektronen die innere kinetische Energie, aber die Endgeschwindigkeit der abgelösten Partikel hängt ebenfalls lediglich von der Periode der Störung ab. Ob diese Auffassung wirklich den Ausweg aus der obigen Schwierigkeit bedeutet, kann erst durch weitere Forschung, zunächst vonseiten des Theoretikers entschieden werden, bis Folgerungen aufgefunden sein werden, deren Prüfung dem Experiment zugänglich ist.

Auch bei der Entstehung der Lichtstrahlen aus der Elektronenbewegung drängen sich ähn-



liche schwer entwirrbare Rätsel auf, da auch hierbei die Energiequanten wieder eine charakteristische Rolle spielen. Nach der heute fast allgemein anerkannten kühnen Hypothese des dänischen Physikers Niels Bohr finden in jedem Atom Schwingungen von Elektronen statt, die in größerer oder geringerer Zahl und in verschiedenen Abständen den schweren Atomkern umkreisen. Die Abgabe des Lichtes tritt nur dann ein, wenn diese Elektronenschwingungen durch eine Art innerer Katastrophe in andere stabilere, mit geringerer Energie ausgestattete Bahnen übergehen; der Überschuß an Energie verläßt dann das Atom, um als Lichtquantum den Raum zu durchheilen. Dabei hängt seltsamerweise die Periode des emittierten Lichtes nicht im geringsten mit der Periode der Elektronenschwingungen zusammen, sondern ist ausschließlich bedingt durch den Betrag der emittierten Energie. Da nämlich das Lichtquantum um so größer ist, je schneller die Schwingungen erfolgen, so entspricht einem größeren Energiebetrag als Lichtquantum eine kürzere Wellenlänge. Wenn viel Energie emittiert wird, so entsteht etwa ultrviolette oder gar Röntgenstrahlung, bei geringer Energie rote oder ultrarote Strahlung. Wie es aber kommt, daß in jedem Fall das erzeugte Licht monochromatisch ist, bleibt noch vollständig im Dunkeln.

Die erwähnten Hypothesen könnten als überaus gewagt gelten, wenn es nicht gelungen wäre, mit ihrer Hilfe auch die verwickelten Gesetzmäßigkeiten in der Anordnung der Spektrallinien aufzuhellen (A. Sommerfeld), und zwar mit einer Genauigkeit, die der der schärfsten Messungen gleichkommt. Man wird daher nicht umhin können, den Lichtquanten, wenigstens im Augenblick ihres Entstehens, eine gewisse reale Existenz zuzuerkennen. Ob diese Energie dann dauernd beisammen bleibt, oder sich gemäß der Huygensschen Theorie nach allen Seiten ausbreitet und ins Unendliche verdünnt, ist eine noch offene Frage.

PLANCK hat mit diesen offenen Darlegungen seine Zuhörer bis an die vorderste Front der Forschung geführt, wo gegenwärtig Forscher aller Nationen in unblutigem Wettstreit darum ringen, auf neuem, noch unbekanntem Gelände festen Fuß zu fassen. Er schließt mit der Hoffnung, daß es gerade der deutschen Forschung gelingen möchte, auf diesem hochbedeutsamen Gebiete einen entscheidenden Schritt vorwärts zu tun.

P.

**Zur Begriffsbestimmung des chemischen Elementes.** Unter diesem Titel bringt K. FAJANS, München, beachtenswerte Mitteilungen, die auch für den chemischen Unterricht von Belang sind<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Die Naturwissenschaften, VI. H. 51, 1918, S. 751–755.

Ausgehend von seiner Definition (s. den letzten Satz der unten folgenden „Zusammenfassung“ des Verf.), setzt sich der Verf. mit den Einwänden von H. Remy und F. Paneth auseinander, welche verlangen, daß die Begriffsbestimmung des chemischen Elements auf Unzerlegbarkeit und nicht auf Unzerlegtheit hinausgehen müsse, und stützt sich dabei auf W. Ostwalds Anschauung: „Der Begriff des Elementes im chemischen Sinne ist also der eines unzerlegten, nicht der eines unzerlegbaren Stoffes.“ Die Widersprüche zwischen beiden Auffassungen suchte Remy dadurch auszugleichen, daß er einen Unterschied macht zwischen dem, was die Chemiker praktisch als Element bezeichnen, und dem, was sie theoretisch für Elemente halten. Hierauf eingehend, zeigt FAJANS, daß auch in den Begriff des „theoretischen Elementes“ das historische Moment hineinkommen müsse, da man niemals werde behaupten können, daß ein Stoff absolut unzerlegbar sei; hier wie dort müssen wir mit der Möglichkeit rechnen, daß ein Stoff, der heute als Element bezeichnet wird, es morgen nicht mehr bleibt, und zwar beim „theoretischen Element“ in dem Falle, wo neue Methoden gefunden werden, die instande sein werden, die bisher unzerlegbaren Stoffe zu zerlegen, beim „praktischen Element“ dann, wenn ein bisher unzerlegter Stoff zerlegt wird, gleichgültig, ob nach neuen oder alten Methoden. Es sei daher besser, statt von „theoretischen Elementen“, von „Grenzstoffen“ zu sprechen. Hinsichtlich der Natur der Isotope tritt der Verf. wiederholt dafür ein, daß die Isotope als verschiedene Elemente betrachtet werden müßten, sofern der Elementbegriff auch weiterhin seinem bisherigen Zweck entsprechen soll; er erwähnt bei dieser Gelegenheit, daß die Entdeckung der allermeisten Radioelemente in den letzten Jahren durch Chemiker, nicht durch Physiker, erfolgte, und erinnert an die Namen O. Hahn, Boltwood, Soddy und seines Mitarbeiters Göring. Bezüglich weiterer Einzelheiten müssen wir auf die Abhandlung selbst verweisen und geben nur noch die „Zusammenfassung“ des Verfassers wieder: Eine der wichtigsten Aufgaben der Chemie ist die Zurückführung der Zusammensetzung aller Stoffe auf eine möglichst kleine Zahl von Bestandteilen — Elementen. Um dies zu ermöglichen, versucht man die Stoffe durch alle zur Zeit zur Verfügung stehenden Methoden, von denen man einen Erfolg erwartet, zu zerlegen. Das jeweilige Ziel dieser Bestrebungen ist die Erreichung von Stoffen — „Grenzstoffen“ —, die durch die genannten Methoden nicht weiter zerlegbar sind. Die in diesem Sinne unzerlegbaren Stoffe, die zum Teil nur spekulativen Charakter besitzen, wurden bis jetzt in theoretischen Überlegungen „Elemente“ ge-

nannt. Da man aber praktisch die Aufzählung der Bestandteile der Materie nur bis zu den zur Zeit unzerlegten Stoffen durchführen kann, geben die Chemiker, dem Zweck des Elementbegriffes entsprechend, in ihren Tabellen der Elemente nicht jene unbekanntenen „Grenzstoffe“, sondern die Stoffe an, die noch nicht zerlegt wurden. Dieser Brauch der Chemiker, mit demselben Wort „Element“ einerseits jene unzerlegbaren, andererseits diese unzerlegten Stoffe zu bezeichnen, sollte der begrifflichen Klarheit wegen verlassen werden, wobei nicht zweifelhaft sein

kann, daß die Bezeichnung „Element“ für die realen, nicht für die spekulativen Stoffe beibehalten bleiben muß. Da es weiterhin Stoffe gibt, die, obwohl sie zur Zeit noch nicht zerlegt worden sind, mit Sicherheit als Gemische erkennbar sind, und deshalb nicht zu den Elementen gerechnet werden können, läßt sich das, was die Chemiker als Elemente bezeichnen, folgendermaßen definieren: „Ein chemisches Element ist ein Stoff, der durch keine physikalische oder chemische Methode in einfachere Bestandteile zerlegt und nicht als Gemisch anderer Stoffe erkannt worden ist.“ O.

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

**Weltbild und Physik.** In einem kürzlich erschienenen Sammelwerke „Altertum und Gegenwart“ (B. G. Teubner 1919) behandelt ERNST GOLDBECK auf wenigen Seiten diesen immer wieder das Interesse herausfordernden Gegenstand von dem Gesichtspunkt des Zusammenhanges zwischen Antike und Neuzeit. Er kennzeichnet den Gegensatz zwischen dem aristotelischen und dem kopernikanischen Weltbild; und er zeigt dann, daß der eigentliche Anstoß für Kopernikus nicht nur bei den von diesem selbst angeführten Autoren (Hiketas, Philolaus usw.), sondern auch bei Plato zu suchen ist, der im Timäus und in den Gesetzen in problematischer Form und andeutungsweise von der Möglichkeit einer Erdbewegung spricht. „Es gab in der Antike zwei entgegenlaufende Strömungen, die geozentrische und die heliozentrische. Die erstere kam zum Siege, die zweite blieb nur in Spuren erhalten. Aber die doppelte Problematik war da. Kopernikus hat sich nicht so sehr an antike Vorbilder in ihrer Vollendung gehalten, wie an die erregenden ungelösten Probleme, die ihm aus der Antike entgegenstrahlten. An ihnen hat er sich zu neuem Leben entzündet und neues Denken entfaltet.“

Es scheint aber überdies, als habe Kopernikus noch tiefer mit Plato zusammengehungen. In Platos Denken spielt die Sonne eine eigentümliche Rolle. Sie ist für Plato das Abbild des höchsten Guten in der Welt. Diese Sonnen- und Lichtphilosophie läßt sich durch Antike und Mittelalter bis in die Renaissance verfolgen, sie reicht mit der Schrift des Marsilius Ficinus „de lumine et sole“ bis in die nächste Nähe des Kopernikus. Dieser „metaphysische Heliozentrismus“ trifft in Kopernikus auf das empfängliche Gemüt eines echten Astronomen und nun „springt die Metaphysik in Astronomie um“, aus dem metaphysischen Heliozentrismus wird der astronomische. GOLDBECK belegt diesen Vorgang durch die Stelle, in der Kopernikus voll dithyrambischen Schwunges die Sonne als Leuchte der Welt, als ihre Seele, als ihren Regierer preist. —

Auch die Großtat des Galilei, die Begründung der Mechanik, führt nach GOLDBECK auf einen im Altertum bereits vorhandenen Gegensatz zweier Weltbilder, des aristotelischen und des atomistischen; bei jenem nimmt die Kreisbewegung, bei diesem die geradlinige Bewegung eine ausgezeichnete Stelle ein. Es gelingt Galilei noch nicht, beide Bewegungen einheitlich aufzufassen, aber er macht durch die Entdeckung des Beharrungsgesetzes den Weg frei, auf dem später Huygens auch diese Leistung vollbringt. Auf die Beziehungen, die auch Galilei mit Plato verknüpfen, geht der Verfasser nicht näher ein. —

Auch die Gravitationslehre weist auf antike Meinungsgegensätze zurück. Schon Lucrez bekämpft die aristotelische Lehre, daß der Weltmittelpunkt eine Wirkung ausüben könne. Bei Plutarch wird bereits die Ansicht geäußert, daß die fallenden Körper nicht der Mitte des Weltalls wegen zur Erde streben, sondern weil diese als Ganzes die schweren Körper als ihre Teile an sich heranziehe. Diese Ansicht wird namentlich bei Kepler weiter ausgebaut und ist auch bei diesem wieder eng mit der auf Plato zurückgehenden Lichtphilosophie verknüpft, die überdies mit fremdartigen christlichen Elementen durchsetzt ist. Aber auch diese vagen Ideen ziehen sich schließlich zu dem Gedanken der Sonnengravitation zusammen.

Etwas von Huygens an verblaßt der Einfluß der Antike auf die Entwicklung des neuzeitlichen Weltbildes und der Physik; der Urgrund, auf dem diese erwachsen, wird vergessen und nur der Gegensatz zur Vergangenheit bleibt im Bewußtsein. Für das äußere Weltbild ist der aristotelische Dualismus zerstört, für die großen Probleme des Lebens aber sind die geistesgeschichtlichen Strömungen, der Geist des Dualismus, des Platonismus und des Mechanismus noch immer vorhanden; wer auf sie zurückgeht, kann in ihnen auch heute noch Richtlinien für sein eigenes Denken finden. P.



## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Wärmetabellen** der Physikalisch-technischen Reichsanstalt. Zusammengestellt von L. HOLBORN, K. SCHEEL und F. HENNING. 72 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn. 1919.

In dieser kleinen aber inhaltsreichen Schrift sind Ergebnisse aus den thermischen Untersuchungen der Reichsanstalt in 58 Tabellen zusammengestellt. Diesen voran gehen Mitteilungen über die Verfahren, die zur Gewinnung der Zahlenwerte geführt haben, sie beziehen sich auf Thermometrie, auf die Zustandsgrößen der drei Formarten, auf spezifische Wärme, auf Sättigungsdruck, latente Wärme und spezifisches Volumen des Wasserdampfes, endlich auf Wärmeleitung. Angeführt sei der zugrunde gelegte Wert des Wärmeäquivalents  $1 \text{ cal}_{15} = 4,184_2 \text{ Wattsek.}$ , der Siedepunkt des Schwefels bei  $760^\circ = 444,50^\circ$ .  $C_p$  für Luft  $= 0,2405$  bei  $0^\circ$ ,  $0,242$  bei  $100^\circ$ , die Verdampfungswärme des Wassers  $= 539,1 \text{ cal}_{15}$ ,  
P.

**Die Fortschritte der Physik im Jahre 1917**, dargestellt von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. 73. Jahrgang. I. Abteilung. XIV und 227 S. II. Abteilung, XIX und 270 S., beide red. von K. SCHEEL. III. Abteilung, XXIV und 276 S., red. von R. ASSMANN. Braunschweig, Friedrich Vieweg u. Sohn, 1918 und 1919.

Mit Hilfe der alten bewährten Mitarbeiter ist auch dieser Jahrgang noch größtenteils während des Krieges fertiggestellt worden. Die 1. Abteilung umfaßt wie immer die allgemeine Physik, die Akustik und die physikalische Chemie, die 2. Abteilung Elektrizität, Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums und Wärme, Abteilung 3 die kosmische Physik. Dieser letzten Abteilung geht ein Nachruf auf Richard Aßmann voraus, der seines Amtes über dreißig Jahre gewaltet und auch an der Neuorganisation der Fortschritte vor 20 Jahren tatkräftig mitgewirkt hat. P.

**Lehrbuch der Physik** von O. D. CHWOLSON. 2. verb. u. verm. Auflage. I. Bd., 1. Abt.: Mechanik und Meßmethoden. XII und 384 S. Mit 188 Abb. — I. Bd., 2. Abt.: Die Lehre von den gasförmigen, flüssigen und festen Körpern. 424 S. Mit 180 Abb. Herausgegeben von Gerhard Schmidt, Prof. a. d. Univ. Münster i. W. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn. I. 1. M 12,—, geb. M. 14,40. I. 2. M. 13,60, geb. M. 16,—.

Das Manuskript dieses Bandes war schon vor Kriegsbeginn fertiggestellt, die beispiellose Umwälzung der Physik seit dem Erscheinen der 1. Auflage (1902) hat zu zahlreichen durchgreifenden Änderungen geführt. Die mathematischen

Hilfskapitel sind weggelassen, der Abschnitt über Meßapparate und Meßmethoden erheblich gekürzt, dafür die Lehre vom Elektron, die Relativitätstheorie u. a. eingehender dargestellt. Der stilistischen Form hat der neue Herausgeber besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Der Verfasser selbst ist uns Deutschen kein Fremder. Sein Werk wird wie früher auch in dieser neuen Auflage, die zahlreichen laut gewordenen Wünschen entspricht, bei uns willkommen sein. P.

**Lehrbuch der Physik** von E. RIECKE. Zu eigenem Studium und zum Gebrauch bei Vorlesungen herausgegeben von Prof. Dr. Ernst Lecher. 6. verb. u. verm. Auflage. I. Band: Mechanik und Akustik — Wärme — Optik XVI und 644 S. Mit 444 Fig. Leipzig, Veit & Co. 1918. M. 18,—, geb. M. 22,—.

Daß sich der Wiener Ordinarius der Physik des verwaisten Werks angenommen hat, ist ein schönes Beispiel deutsch-österreichischen und reichsdeutschen Zusammengehens. Der neue Herausgeber hat auch, bei aller Pietät, gleich gründliche Arbeit gemacht, um das Werk auf die Höhe der Gegenwart zu bringen. Um den 2. Band zu entlasten, ist die Wärme in den 1. Band übernommen worden. Eine Reihe von Paragraphen ist neu eingefügt, namentlich auch ein ganzer Abschnitt (S. 352—368) über atomistisch-statistische Betrachtungsweisen in der Thermodynamik, und ein kürzerer (S. 579—589) über die Relativitätstheorie, angeschlossen in der Optik an den Versuch Michelsons. Bemerkenswert sei hierbei, daß der Verfasser für eine mehr elementare Behandlung der Optik die Ätherhypothese doch als unentbehrlich erklärt und sie darum auch in der gesamten Optik beibehält. Das Werk wird sich auch künftighin als ausgezeichnetes Hilfsmittel besonders für das Selbststudium empfehlen.  
P.

**Beiträge zur Geschichte des physikalisch-chemischen Unterrichts an den höheren Schulen Deutschlands** seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, von Dr. HERBERTH GÖLLNITZ. 163 S. Leipzig, Dürrsche Buchhandlg. 1920.

Dieses Buch ist als 4. Band der von Eduard Spranger herausgegebenen Sammlung von Abhandlungen aus dem Gebiet der wissenschaftlichen Pädagogik erschienen. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es die Entwicklung des physikalischen und chemischen Unterrichts in den Rahmen der Gesamtkultur der in Betracht kommenden Epoche stellt. Besonders eingehend werden die Beziehungen zur gleichzeitigen Philosophie und der seit der Mitte des Jahrhunderts aufgetretenen

erkenntniskritischen Bewegung dargelegt. Die Einwirkung philosophisch gerichteter Forscher, wie namentlich H. v. Helmholtz, wird entsprechend gewürdigt, auch das Auftreten von Du Bois-Reymond wird besprochen, das ohne Zweifel viel dazu beigetragen hat, die Forscher zum Nachdenken über die Prinzipien ihrer Wissenschaft zu veranlassen. Die Bedeutung der Kantischen Erkenntniskritik für die Physik als solche möchten wir nicht ganz so hoch veranschlagen wie der Verfasser es tut. Die Physik als Wissenschaft steht durchaus auf dem Boden des empirischen Realismus, der ja mit transzendentalen Idealismus wohl verträglich ist. Selbst der Mächtige Positivismus hat zwar bei den Physikern Beifall gefunden, sie haben sich aber dadurch doch nicht in dem Glauben an die Realität der Außenwelt irre machen lassen, namentlich seitdem Planck sich offen zu diesem bekannt hat.

Was der Physik und zugleich auch dem physikalischen Unterricht not tut, ist eine klare Unterscheidung dessen, was zu den Tatsachen der Wahrnehmung und dessen, was zu den hinzutretenden, die Verarbeitung der Tatsachen ermöglichenden Denkbegriffen gehört. Hierfür liefert der Verfasser im Anschluß an die neuere einschlägige Literatur willkommene Beiträge.

Die Darstellung der Unterrichtsentwicklung selbst bietet ein anschauliches und besonders für den, der selbst mitten in der Entwicklung gestanden hat, ungemein reizvolles Bild, in dem wohl keine wesentlichen Züge fehlen. Insbesondere ist auch den physikalischen und chemischen Schülerübungen ein Abschnitt gewidmet. Den Schluss bildet eine kurze Darstellung der Tätigkeit der Unterrichtskommission und des deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, und ein Ausblick auf die Aufgaben der preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

P.

**Graphische Papiere** und ihre vielseitige Anwendung. Mit leichtfaßlichen Anleitungen zusammengestellt von Prof. Dr. W. GROSSE in Bremen. Mit 174 Textfiguren. 179 S. Verlag von Carl Schleicher u. Schüll in Düren.

Der Verfasser hat ein überaus verdienstliches Werk geschaffen, das zum Gebrauch im Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium, sowie bei technischen und wissenschaftlichen Arbeiten aller Art dienen kann. Er setzt die mathematischen Grundlagen des Verfahrens an der Hand von zahlreichen Beispielen aus verschiedenen Gebieten auseinander und behandelt danach Spezialpapiere wie Logarithmenpapiere, Polar- und Dreieckspapiere, Sinuspapiere, Dispersionspapiere. Von den beigegebenen graphischen Darstellungen sind 70 der

Mathematik und Astronomie, 47 der Physik und Meteorologie, 44 der Technik einschl. Elektrotechnik, die übrigen dem Handel, dem Verkehr und der Statistik entnommen. Hierfür ist eine umfangreiche Literatur herangezogen worden, so daß der Benutzung ein umfangreiches, zum Teil nur schwer zugängliches Material in bequemer Form dargeboten wird. Der Unterricht, auch der physikalische, wird daraus reichen Nutzen ziehen können, für die Einführung des graphischen Darstellungsverfahrens ist damit ein ganz wesentliches Hilfsmittel dargeboten. P.

**Lehrbuch der Physik für Realanstalten.** Von E. GRIMSEHL. I. Teil: Unterstufe. 4. Auflage mit 429 Textfig. und 1 farbigen Tafel, bearbeitet von J. KRÄMER und OTTO WOLFRUM. Leipzig, J. G. Teubner, 1919. 284 S. M. 4,40.

Das in kurzer Zeit in drei Auflagen erschienene Buch hat sich bereits als eines der besten Unterrichtsmittel bewährt. Die Bearbeiter haben sich bemüht, es auf der Höhe zu erhalten, vor allem durch Benutzung dessen, was der verstorbene Verfasser in anderen seiner Lehrbücher an didaktischen Beiträgen hierfür selbst bereitgestellt hat. Neu eingefügt wurden einige kürzere Beschreibungen von technischen Anwendungen, ausgeschaltet mehrere mathematische Ableitungen. Das Buch enthält reichlich viel Stoff für die Unterstufe, wird dafür aber namentlich den von dieser Stufe abgehenden ein guter Freund werden.

P.

**Anleitung für den Elementarunterricht in der Elektrizitätslehre.** Von GANS und GOLDSCHMIDT, Elektrizitätsgesellschaft n. b. H., Berlin, im Selbstverlag, 1918. 20 S. M. 0,90.

Das Schriftchen entspricht nicht recht seinem Titel, es bringt Erläuterungen zu den elektrischen Grundgesetzen und Meßinstrumenten, die vom Standpunkt des Technikers aus geschrieben sind, gerade hierdurch aber auch dem Lehrer von Nutzen sein können.

P.

**Theorien der organischen Chemie.** Von Dr. FERDINAND HENRICH, Professor an der Universität Erlangen. Dritte umgearbeitete Auflage. Mit 22 Abbildungen im Text. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1918. XIV + 500 S. Geheftet M. 19,20, geb. M. 22,—.

Die erste Auflage dieses guten Buches ist 1910, Heft 6 eingehend behandelt worden. Daß innerhalb von 8 Jahren (zur Hälfte Kriegsjahren!) zwei Neuauflagen erforderlich geworden sind, beweist, wie begehrt eine kritische Zusammenfassung der „herrschenden“, aber sich naturgemäß dem jeweiligen, als sicher angenommenen Versuchsmaterial anschniegender organisch-chemischen Theorien ist. Die bei der Bespre-



chung der ersten Auflage konstatierten Lücken sind ausgefüllt; alle Gebiete, die inzwischen eine eingehende Bearbeitung erfahren haben, sind ausführlicher behandelt worden: der Status entspricht etwa der Mitte des Jahres 1917.

Daß das ganze Buch den Charakter eines Mosaikbildes hat, aus dem einzelne Teile deutlich hervorleuchten, liegt in der Natur der Sache. Eine gleichmäßige und vollständige Darstellung der „Theorien der organischen Chemie“ würde die Kräfte eines Einzelnen übersteigen und — im Gegensatz zu HENRICH'S Buch — unlesbar sein.

W. Roth, Braunschweig.

**Elektrochemisches Praktikum.** Von Dr. ERICH MÜLLER, ord. Professor und Direktor des Laboratoriums für Elektrochemie und physikalische Chemie an der Technischen Hochschule Dresden. Mit einem Begleitwort von Dr. u. Dr. ing. h. c. FRITZ FOERSTER, Geheimer Hofrat, ord. Professor und Direktor des anorganisch-chemischen Laboratoriums an der Technischen Hochschule Dresden. Zweite Auflage. Mit 75 Abbildungen und 31 Schaltungsskizzen. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff 1919. — Geh. M. 10,—, in Leinen geb. M. 13,—.

Die erste Auflage ist im *Septemberheft 1913* (S. 325) ausführlich besprochen worden, so daß nur auf die Erweiterungen gegenüber der früheren Auflage hingewiesen zu werden braucht. Neu hinzugekommen ist ein sehr zeitgemäßer Abschnitt über die Untersuchung von Trockenelementen. Das Kapitel Konzentrationsketten ist, wie der Referent s. Zt. vorschlug, etwas ausgebaut worden. Die übrigen, damals ausgesprochenen Wünsche seien hier wiederholt und die Berücksichtigung auch der Überführungszahl und bei der Bestimmung der Dissoziationskonstanten der Ersatz der Bernsteinsäure durch eine unzweifelhaft einbasische Säure hinzugefügt, damit der erste Abschnitt den folgenden gleichwertig wird. Daß sich die Wünsche nur auf einen einzigen Abschnitt beziehen und verhältnismäßig geringfügig sind, beweist die Güte des Buches, das schnell seine zweite Auflage erlebt hat.

W. Roth, Braunschweig.

**Einführung in die Kolloidchemie**, ein Abriß der Kolloidchemie für Lehrer, Fabrikleiter, Ärzte und Studierende von Prof. VIKTOR PÖSCHL, Direktor des Instituts für Warenkunde an der Handelshochschule Mannheim. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage mit 56 Bildern im Text. Dresden und Leipzig, Verlag von Theodor Steinkopff. 1919. XII u. 148 Seiten. Preis geh. Mk. 7.—.

Die Kolloidchemie, sozusagen das letzte Stückchen Urwald in der allgemeinen Chemie, ist im letzten Jahrzehnt von allen Seiten, der

chemischen, physikalischen und biologischen, intensiv bearbeitet worden und trägt nun reiche Früchte aller Art. Der vorliegende Abriß, ein knapp, aber klar geschriebener Leitfaden, der auch das Methodische und die einschlägige Apparatur ausgiebig behandelt, kann allen, die sich über das interessante, an Überraschungen und weiten Ausblicken reiche Gebiet orientieren wollen, und denen es mehr auf den Inhalt, weniger auf die Form der Darbietung ankommt, warm empfohlen werden.

Gleichzeitig sei kurz darauf hingewiesen, daß derselbe rührige Verlag zu gleicher Zeit Wolfgang Ostwalds „Welt der vernachlässigten Dimensionen“; ein Buch, das dasselbe Wissensgebiet in ganz anderer, mitunter fast überspitzter Form behandelt, in dritter Auflage herausgegeben hat. Das Buch stellt die (umgearbeitete) Niederschrift von Vorträgen dar, die der Verfasser kurz vor dem Kriege in Amerika gehalten hat, die nun ergänzt sind und Anregungen, sowie Versuchsanordnungen in großer Zahl enthalten.

W. Roth, Braunschweig.

**Die Physik der Verbrennungerscheinungen**, von Dr. HEINRICH MACHE, o. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 43 Abbildungen im Text und auf zwei Tafeln. Leipzig, Veit & Co. 1918. VI u. 132 Seiten. Preis geh. Mk. 6.—.

Über die Thermodynamik der Gasreaktionen und den Verlauf von Explosionen liegt eine ganze Literatur vor, die Vorgänge der ruhigen Verbrennung, über die der Verfasser — neben seinen radioaktiven Untersuchungen — mehrfach gearbeitet hat, ist noch niemals im Zusammenhang behandelt worden. Diese Lücke füllt das vorliegende Buch aus, das in zwei getrennten Abschnitten die Verbrennungerscheinungen in Gasen und an festen Körpern behandelt. Verbrennungsgeschwindigkeit, Verbrennungs- und Entzündungstemperatur, Form der Brennoberfläche, Temperaturverteilung und andere Fragen werden an der Hand eigener und fremder Versuche mathematisch diskutiert. Bei den Gasen werden Schlußfolgerungen auf die Vorgänge im Verbrennungsmotor, bei den festen Körpern auf Fragen der „inneren Ballistik“ gezogen, so daß ein inhaltreiches, aber mathematisch nicht ganz einfaches Werk resultiert.

W. Roth, Braunschweig.

**Die Atomtheorie in ihrer neuesten Entwicklung.** Sechs Vorträge von Dr. LEO GRÄTZ, Prof. a. d. Univ. München. Mit 30 Abb. Stuttgart, J. Engelhorn, 1918. 88 S. M. 2,50.

Die Schrift schildert in großen Zügen die Wandlungen, die unsere Vorstellungen von den Atomen und Molekülen allmählich erfahren haben. In sechs anregend geschriebenen Kapiteln be-

rücksichtigt sie die Moleküle und Atome in der Chemie und der kinetischen Gastheorie, die Atome und Ionen bei elektrischen Vorgängen, den Zerfall der Atome bei den radioaktiven Stoffen, die Spektren der Röntgenstrahlen und die Kerntheorie der Atome, die Linienspektren und das Bohrsche Atommodell und gibt zuletzt in besonders anschaulicher Form nähere Ausführungen über den speziellen Bau der Atome, Ionen und Moleküle, wobei allenthalben gute Abbildungen die Darstellung wesentlich unterstützen. Sie zeigt uns damit den ungeheuren Fortschritt, den die Chemie durch den Ausbau des Periodischen Systems einerseits und die Erforschung der radioaktiven Stoffe andererseits erfahren hat und führt uns zu der Erkenntnis, daß wir mit der Erforschung der Natur des Atoms an der Schwelle eines neuen Zeitalters der Chemie stehen.

O. Ohmann.

**Oude chemische Werktuigen en Laboratoria van Zosimos tot Boerhaave** door Dr. H. J. BACKER. Bij J. B. Wolters' U.M. — Groningen, den Haag 1918. 68 S. fl. 1,75.

Die mit vorzüglichen Abbildungen ausgestattete Abhandlung ist aus einem Vortrage hervorgegangen, den der Verf. bei der Einweihung des Groninger organisch-chemischen Universitätslaboratoriums im Jahre 1917 gehalten hat, und gibt einen Überblick über die ehemals benutzten chemischen Apparate und Öfen sowie über die alchemistischen Arbeitsstätten. Berücksichtigt ist die alte Chemie des Zosimos und anderer griechischer Verfasser vom 3. nachchristlichen Jahrhundert an, ferner die mittelalterliche Chemie der Araber und der abendländischen Völker sowie das folgende Zeitalter, in dem das Problem der Metallveredelung zwar zurücktrat, aber noch für lösbar gehalten wurde. So werden wir bis ins 18. Jahrhundert zu Boerhaave geführt, den der Verfasser — worin ihm allerdings nur teilweise beizustimmen ist — den letzten großen Chemiker der alchemistischen Periode und gleichzeitig den ersten Vertreter der neuen Zeit nennt. Die Beschreibungen sind den alten von Berthelot herausgegebenen griechischen Manuskripten sowie den Werken von Geber, Libavius, Porta, Boerhaave usw. entnommen. Schließlich werden zahlreiche künstlerische Gemälde in Nachbildungen vorgeführt; sie zeigen, daß die Darstellung des Alchemisten in seiner Arbeitsstätte und inmitten seiner Gebrauchsgegenstände ein beliebter Vorwurf für die niederländischen Maler des 16. und 17. Jahrhunderts, zumal für David Teniers den Jüngeren, gewesen ist.

J. Schiff.

**Chemisches Experimentierbuch.** Von Prof. Dr. KARL SCHEID. I. Teil. Für mittlere Schüler. 4. Auflage mit 77 Abbildungen im Text. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1919. VI und 190 S. Geb. M. 4,—.

Die Vorzüge, die dieses Experimentierbuch vor vielen ähnlichen Veröffentlichungen auszeichnen, sind in dieser Zeitschrift (XVIII, 315 und XXVI, 270) gewürdigt worden. Die Neuauflage ist wenig verändert; allerdings sind einige kleinere Abschnitte fortgefallen, die in den inzwischen erschienenen, für reifere Schüler bestimmten 2. Teil des Buches (vgl. über ihn XXVIII, 110) aufgenommen worden sind. Möge das Buch, das schon viele Knaben zu verständnisvoller Selbstbetätigung auf dem Gebiete der Chemie angeleitet hat, auch weiterhin die verdiente Verbreitung finden.

J. Schiff.

**Kurzes Lehrbuch der Organischen Chemie** von Prof. Dr. A. BERNTHSEN, Ludwigshafen a. Rh. 13. Aufl. bearbeitet in Gemeinschaft mit Prof. Dr. A. PARAPSKY. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1918. XX und 672 S. M. 12, geb. M. 15.

Das bewährte, in dieser Zeitschrift (XXVI, 326, XXVIII, 387) bereits näher gekennzeichnete Buch, dessen hervorstechendstes Merkmal eine außerordentliche Reichhaltigkeit ist, hat in der vorliegenden Auflage eine sorgfältige Durchsicht aber keine durchgreifenden Veränderungen erfahren. Eine häufigere Anwendung der Übersicht und die Auffassung so bedeutend erleichternden Strukturformeln, die jetzt nur ausnahmsweise in dem Lehrbuche anzutreffen sind, würde den Wert desselben noch beträchtlich erhöhen. Es sei von neuem allgemeinerer Beachtung empfohlen.

O.

**Einführung in die allgemeine und anorganische Chemie** auf elementarer Grundlage. Von Prof. Dr. ALEXANDER SMITH, New-York. Deutsche Bearb. von Dr. E. STERN, 4. Aufl., überarbeitet und ergänzt von Dr. Ing. J. D'ANS. Karlsruhe i. B., G. Braun, 1919. XVI u. 712 S.

Die wertvollen Eigenschaften der SMITHschen Darstellung sind in dieser Zeitschrift wiederholt (zuletzt XXVIII, 286) ausführlich gewürdigt worden, so daß es eines erneuten Eingehens auf den Inhalt des Buches nicht bedarf. Da ferner die vorliegende vierte Auflage, abgesehen von einzelnen kleinen Ergänzungen, „ein fast unveränderter Abdruck der dritten“ ist, so muß es genügen, auf ihr Erscheinen empfehlend hinzuweisen.

O.



## Zur astronomischen Tafel für 1920.

Aus dem Text der Sonderausgabe seien auszugsweise folgende Stellen hier wiedergegeben:

1. Die **Planeten** sind in Karte III bis VI einzeln in die Mittelzone des Tierkreis-Netzes eingezeichnet und werden in die *Sternbilder* übertragen, die man durch geringe Grenzberichtigungen auf gleiche Längenausdehnung gebracht hat, so daß sie genau der Abrundung im Almagest des Ptolemäus entsprechen.

2. **Der Mond.** Die Karte VII stellt zunächst den Lauf eines erdichteten mittleren Mondes dar, der, ohne sich weit von dem wahren zu entfernen, immer auf der Ekliptik bleibt und jeden Tag um denselben Bogen fortschreitet. Er legt den ganzen Weg in  $27\frac{1}{3}$  Tagereisen von je  $13^{\circ} 10'$  zurück, die in der Karte durch Zahlen 0, 1, 2, . . . 27 abgegrenzt sind. Um für eine beliebige Zeit, z. B. *Dezember 26, 6<sup>h</sup> nachmittags* MEZ, den Ort des mittleren Mondes für Berlin zu finden, ist für jeden Monat ein besonderer Ausgangspunkt festgesetzt und mit einer römischen Zahl bezeichnet, für Dezember mit XII. Diese Zahl bezeichnet den Punkt, wo der mittlere Mond bei Beginn des 30. November (oder Dezember 0) nach bürgerlicher Rechnung steht. Er ist dann vom Frühlingspunkt  $8,95$  Tagereisen entfernt, steht also am 1. Dezember  $0^h$  bei  $9,95$ , am 2. Dezember  $0^h$  bei  $10,95$  der nach Tagereisen geteilten Ekliptik.

Wir bezeichnen die Zeit nach der Art des Hipparch so, daß der bürgerliche Tag von Mitternacht bis Mitternacht in 24 Teile zerlegt wird, deren Anfänge  $0^h, 1^h \dots 23^h$  heißen. Mittag wird also mit  $12^h$  bezeichnet. Die astronomische Zählung des Ptolemäus setzt Mittag =  $0^h$ , man erhält sie, indem man von der bürgerlichen  $12^h$  abzieht. Es ist z. B. Jan.  $10^d 9^h$  (bürgerlich) = Jan.  $9^d 21^h$  (astronomisch).

Der obige Zeitpunkt ist daher Dez.  $26^d 18^h =$  Dez.  $26,75^d$ . Der Ort des mittleren Mondes fällt auf  $XII + 26,75 = 8,95 + 26,75 = 35,7$  Tagereisen, oder, wenn man einen vollen Umlauf =  $27,32$  wegläßt, auf  $8,4$  Tagereisen =  $110^{\circ}$  Länge.

Dieser Ort ist längs der Senkrechten um die Breite  $\beta$  auf die Mondbahn zu verschieben, und seine Länge um die Mittelpunkts-Gleichung  $\mu$  zu vergrößern.

Die gezeichneten Kurven  $\beta$  und  $\mu$  in Karte VII gelten für die Mitte des Jahres, für den Anfang sind sie so zu verschieben, daß der Knotenpunkt und das Perigäum von  $\Omega$  und  $\pi$  nach  $\Omega_0$  und  $\pi_0$  rücken, für das Ende nach  $\Omega_1$  und  $\pi_1$ . Aber es ist bequem, dennoch an der gezeichneten Lage festzuhalten, dafür aber dem Mond vor Benutzung der Kurven die in Tafel

VIII angegebenen Verschiebungen je nach der Jahreszeit zu erteilen. Man findet so  $\mu = 1^{\circ}$ ,  $\beta = -5^{\circ}$ ,  $\lambda = 111^{\circ}$ . Der Mond steht bei  $\lambda$ -Zwillinge. Mittels einer Astrolabiums stellt man fest, daß er das Azimut  $S 106^{\circ} O$  und die Höhe  $4^{\circ}$  hat, und daß er  $14^m$  vorher aufgegangen ist.

3. **Finsternisse** (Karte IX). Die erste Mondfinsternis findet am frühen Morgen statt, sie beginnt Mai  $3, 1^h 1^m$  MEZ, die Totalität beginnt  $2^h 15^m$ , endigt  $3^h 27^m$ , die Finsternis endigt  $4^h 41^m$ . Der Mond steht nahe  $\alpha$  Wage, gegen den Berliner Horizont ist seine Stellung für die 4 Hauptpunkte der Finsternis.

Höhe	$20^{\circ}$	$15^{\circ}$	$8^{\circ}$	$(-1^{\circ})$
Azimut (S nach W)	$16^{\circ}$	$33^{\circ}$	$49^{\circ}$	$64^{\circ}$

Er geht  $12^m$  vor Ende der Finsternis unter.

Die zweite Mondfinsternis ist an sich total, für Berlin nur kurze Zeit partiell. Die Mitte der Totalität Oktober  $27, 15^h 12^m$ . Das Ende der Finsternis  $16^h 58^m$ . Der Mond geht erst  $16^h 44^m$  auf, hat bei Ende der Finsternis die Höhe  $2^{\circ}$ , das Azimut  $S 110^{\circ} O$ .

Zwei partielle Sonnenfinsternisse Mai  $18, 7^h$  und November  $10, 13^h$  bleiben unsichtbar.

4. **Elemente der Planetenbahnen.** Es ist empfehlenswert, die geozentrische Bahn eines Planeten angenähert zu konstruieren, indem man die als Kreise in einer Ebene anzunehmenden heliozentrischen Bahnen der Erde und des Planeten nach Tagen einteilt und dann die Fahrstrahlen, die von der Erde zu dem Planeten führen, nach Größe und Richtung an einen festen Punkt überträgt. Die folgende Tabelle liefert für eine bequeme Epoche die notwendigen Konstanten.

Heliozentrisch	Mittlere Länge 1920 Jan. 0 $0^h$	Änderung der mittleren Länge in $365^d$ u = Umlauf	Möglicher Fehler	Radius der Bahn
Merkur	$186,68^{\circ}$	$4^{\circ} 53,72^{\circ}$	$23^{\circ}$	0,39
Venus	$164,14^{\circ}$	$1^{\circ} 224,79^{\circ}$	$1^{\circ}$	0,72
Erde	$98,32^{\circ}$	$359,76^{\circ}$	$2^{\circ}$	1,00
Mars	$161,27^{\circ}$	$191,29^{\circ}$	$11^{\circ}$	1,52
Jupiter	$125,18^{\circ}$	$30,34^{\circ}$	$6^{\circ}$	5,20
Saturn	$151,23^{\circ}$	$12,23^{\circ}$	$6^{\circ}$	9,54
Uranus	$330,08^{\circ}$	$4,30^{\circ}$	$5^{\circ}$	19,2
Neptun	$128,98^{\circ}$	$2,20^{\circ}$	$1^{\circ}$	30,1

Als möglicher Fehler ist die größte Abweichung der mittleren und der wahren heliozentrischen Länge bezeichnet.

5. In dem Abschnitt „Sichtbarkeit der Planeten“ in der Sonderausgabe ist zu berücksichtigen:

letzte Sichtbarkeit des Saturn VII 16, 22,0<sup>b</sup>  
erste Sichtbarkeit des Jupiter IX 6 4,1<sup>b</sup>.  
Ferner sind die Höhen und Azimute des Mondes  
bei der ersten Finsternis durch die obigen Werte (3)  
zu ersetzen.

Der Text der Sonderausgabe enthält außer  
den genauen Erklärungen auch noch die Bestim-  
mung des Osterfestes und ein richtiges Verfahren,  
um bei Sonnenschein und bekannter Zeit die  
Himmelsrichtungen zu finden. *M. Koppe.*

### Mitteilungen aus Werkstätten.

**Empfindlichkeitsumschalter für hoch-  
empfindliche Galvanometer** von Dr. RICHARD  
AMBRONN. (Mitteilung aus den Physikalischen  
Werkstätten A.-G. in Göttingen.)

Das Spiegelgalvanometer mit objektiver Ab-  
lesung hat sich während der letzten Jahrzehnte  
in allen Schulen einen sehr großen Anwendungsbereich erworben. Denn nicht allein gestattet es Ströme bis zu sehr kleinen Stromstärken herab zu messen, sondern es bietet namentlich auch eine von allen Plätzen des Unterrichtsraumes aus deutlichst sichtbare Ablesungsmöglichkeit für Lehrer und Schüler zugleich. Diese letztere Annehmlichkeit insbesondere lässt es zweckmässig erscheinen, das vorhandene Spiegelgalvanometer auch für die Messung stärkerer Ströme zu verwenden, so dass es zu einem Universalmeßinstrumente für den Unterricht in der Elektrizitätslehre werden kann. Zu diesem Zwecke muß man ihm einen Widerstand parallel schalten, der so bemessen wird, daß durch das Galvanometer nur der Teil des zu messenden Stromes geht, welcher seinem Empfindlichkeitsbereiche entspricht, während der Rest des Stromes durch den Nebenschluß fließt. Solche Empfindlichkeitsumschalter (auch Shunt genannt) werden bereits vielfach angewendet. Sie haben aber gewöhnlich den Nachteil, daß bei ihrer Benutzung der Widerstand des Strommessers, welcher in den zu messenden Stromkreis eingeschaltet wird, beim Umschalten des Meßbereiches sich jedesmal sehr stark ändert. Das ruft in vielen Fällen Änderungen der Stromverteilung in den auszumessenden Stromkreisen hervor, die dann in den Rechnungen berücksichtigt werden müssen, was besonders im Unterricht außerordentlich störend wirkt. Viele solcher Empfindlichkeitsumschalter besitzen auch den Nachteil, daß beim Umschalten des einen Meßbereiches auf den anderen durch das Galvanometer ein viel zu starker Strom gehen kann, und daß man daher vor dem Wechsel des Empfindlichkeitsbereiches jedesmal den Strom ganz ausschalten muß, um das Instrument nicht zu zerstören.

Alle diese Nachteile werden vermieden durch den auf Anregung des Herrn Oberlehrer KOSTKA, Königsberg, von den Physikalischen Werkstätten A.-G. Göttingen konstruierten Empfindlichkeitsumschalter. Fig. 1 zeigt die äussere Form des

Umschalters. Man legt das Galvanometer an die mit *G* bezeichneten Klemmen, während man den Strom an den mit *L* bezeichneten Klemmen zuführt. Die normale Ausführung dieser Empfindlichkeitsumschalter ist für die von der gleichen Firma herausgebrachten Drehspul-Spiegelgalvanometer bestimmt, welche 50 Ohm Widerstand besitzen, daher liegt auch nach dem Zwischenschalten des Empfindlichkeitsumschalters zwischen den Klemmen *L* bei jeder Stellung des Umschalters der Widerstand von 50 Ohm.

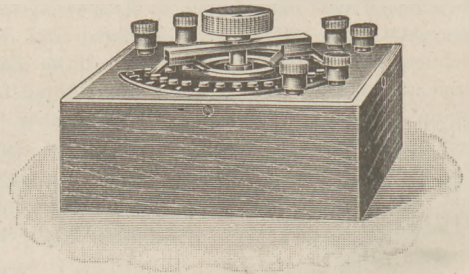


Fig. 1.

Dadurch ergibt sich gleichzeitig noch ein weiterer sehr wesentlicher Vorteil, indem das Galvanometer mit dem Umschalter zusammen gleichzeitig als Voltmeter für die gleiche Anzahl von Empfindlichkeitsstufen gebraucht werden kann; denn bei konstantem innerem Widerstande eines elektrischen Leitersystems ist die Klemmenspannung dem dieses durchfließenden Stromes proportional.

Um mit dem Galvanometer auch höhere Spannungen messen zu können, welche bei einem inneren Widerstande von 50 Ohm zu große Stromstärken mit sich bringen und den Kasten zu stark erhitzen würden, und um ferner den normalen hochohmigen Voltmetern ähnliche Bedingungen zu erhalten, sind noch zwei mit *S* bezeichnete Klemmen angebracht, welche bei der Spannungsmessung den inneren Widerstand des Meßinstrumentes auf 10 000 Ohm heraufsetzen, wobei an der Einteilung der Bereiche an der Kurbel nichts geändert wird. Die Meßbereiche sind bei der normalen Ausführung von 1 bis 10<sup>-7</sup> veränderlich, so daß die vollen Zehnerpotenzen



eingestellt werden können; zwischen je zwei benachbarten Zehnerpotenzen ist noch eine Stufe eingeschaltet, auf welcher der Ausschlag des Galvanometers mit dem Faktor 4, 40 usw. zu multiplizieren ist, damit nicht bei Umschalten von einem Meßbereiche auf den anderen sich zu kleine Ausschläge des Lichtzeigers ergeben, welche von dem Schüler schlecht zu beobachten sind. Dadurch vergrößern sich die Reduktionsfaktoren eines Skalenteiles bei den auf einander folgenden Meßbereichen also in folgender Weise:

$$1, 4, 10, 4 \times 10, 10^2, 4 \times 10^2, 10^3, \\ 4 \times 10^3, \dots, 4 \times 10^6, 10^7,$$

womit allen Ansprüchen Genüge getan sein dürfte.

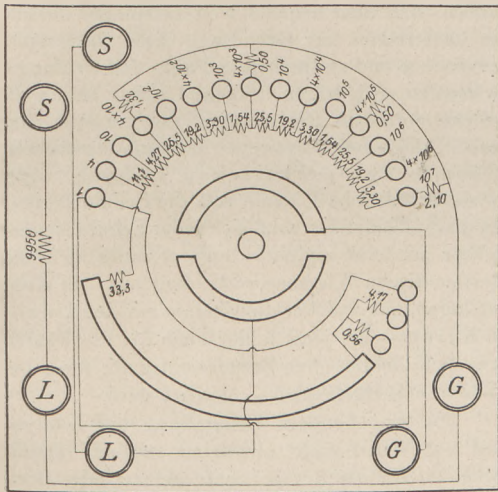


Fig. 2.

Fig. 2. läßt die innere Schaltung des Empfindlichkeitsumschalters erkennen. Es ist die Kurbel abgenommen, welche mit zwei voneinander isolierten Schleiffederpaaren die beiden inneren Halbringe mit den äußeren Kontaktbahnen verbindet. Die inneren Verbindungen und die unter dem Deckel liegenden Widerstände sind mit dünneren Strichen angedeutet. Die Empfindlichkeitsstufen und die Werte der eingebauten Widerstände sind in Fig. 2 eingeschrieben. Man erkennt leicht, daß bei jeder Stellung der Kurbel, bei welcher jeweils die beiden genau gegenüber liegenden Punkte der äußeren Kontaktbahnen mit den beiden mittleren Halbringen verbunden sind, der Widerstand zwischen den Klemmen L, an welchen die äußere Leitung angelegt wird, der gleiche — in dem Beispielsfalle 50 Ohm — ist.

Um den Empfindlichkeitsumschalter auch für Galvanometer benutzen zu können, welche einen von 50 Ohm abweichenden Widerstand besitzen, wird durch vorgeschaltete bzw. parallel zu den

Klemmen G geschaltete Widerstände der Gesamtwiderstand zwischen den Klemmen G auf 50 Ohm gebracht, womit allerdings eine gewisse anfängliche Empfindlichkeitsverminderung bei Einschalten des Kastens verbunden ist, welche ein für allemal bestimmt und in Rechnung gesetzt werden muß. Will man dieses vermeiden, so muß man sämtliche Widerstände im Umschalter entsprechend vergrößern, was leicht auszuführen aber natürlich mit gewissen Mehrkosten verbunden ist.

Bei Spiegelgalvanometern ohne Dämpferahmen oder Dämpfungswicklung wird der Umschalter in der Weise durch Einbau einiger Widerstände eingerichtet, daß in allen Fällen neben der Konstanz des inneren Widerstandes auch für alle praktische Zwecke hinreichende Konstanz des Widerstandes in dem Schließungskreise des Galvanometers selbst erhalten bleibt, so daß die Aperiodizität der Einstellung des Galvanometers bei allen Stellungen der Kurbel vorhanden ist. Allerdings ist auch hiermit wiederum eine geringe Einbuße an der anfänglichen Empfindlichkeit des Galvanometers verbunden, so daß bei eingeschaltetem Empfindlichkeitsumschalter die ursprüngliche Empfindlichkeit des Galvanometers nicht voll ausgenutzt werden kann; praktisch ist das aber ohne jede Bedeutung, da die Empfindlichkeitsverminderung nur etwa  $\frac{1}{4}$  beträgt und man eben die volle Empfindlichkeit ohne weiteres dadurch wieder herstellt, daß man den Umschalterkasten aus der Leitung herausnimmt. Auf besonderem Wunsch steht natürlich auch nichts im Wege, noch zwei Kontakte an dem Kasten anzubringen, welche dieses Ausschalten des Widerstandsystems im Umschalterkasten automatisch besorgen.

Die vorhergehenden Ausführungen dürften erkennen lassen, daß die Verwendung eines Empfindlichkeitsumschalters im Unterrichte von sehr bedeutendem Werte sein kann, da man mit seiner Hilfe mit einem Spiegelgalvanometer durch einfaches Drehen einer Kurbel alle Ströme von den geringsten an bis zu etwa  $\frac{1}{10}$  Amp. und Spannungen ebenfalls von den niedrigsten bis zu beliebiger Höhe jederzeit weithin deutlich sichtbar messen kann. Für die Messung stärkerer Ströme ist die Anwendung eines besonderen Vorschaltwiderstandes erforderlich, da bei dem verhältnismäßig hohen inneren Widerstände, welcher den obigen Ausführungen gemäß eben stets gleich demjenigen des Galvanometers selbst sein sollte, stärkere Ströme eine zu große Erwärmung des Kastens hervorrufen würden, so daß für solche das Prinzip der Messung an sich nicht mehr anwendbar ist. Auch würde in diesem Falle der hohe innere Widerstand des Meßinstrumentes einen zu hohen Spannungsabfall im Meßinstru-

mente mit sich bringen, der bei den Messungen selbst störend wirken muß. Die Beschränkung der unmittelbaren Verwendungsmöglichkeiten auf Ströme unter  $\frac{1}{10}$  Amp. kann daher nicht als ein Nachteil des Apparates angesehen werden. Für solche Fälle ist vielmehr vor den Empfindlichkeitsumschalter ein Widerstand nach Cassebaum, welcher ebenfalls von den Physikali-

schen Werkstätten A.-G. Göttingen hergestellt wird, vorzuschalten, welcher beliebig hohe Stromstärken mit einem Instrumente, dessen innerer Widerstand auf 50 Ohm bemessen ist, zu bestimmen gestattet, wobei zugleich der Stromverlauf im einzelnen einem großen Auditorium an jeder Stelle deutlichst sichtbar aufgezeigt werden kann.

### Korrespondenz.

**Bemerkungen zu dem Aufsatz des Herrn R. Winderlich, „Elementare Einführung in die Dissoziationstheorie“<sup>1)</sup>.** Von ALFRED STOCK in Berlin-Dahlem.

Herr Winderlich meint in seinem Aufsatz, ich forderte, „die analytische Chemie, die elektrolytische Dissoziationstheorie, die Wernersche Theorie, die Radiochemie u. dgl. aus der Schule zu verbannen“. So weit gehe ich nicht. In dem Vortrag<sup>2)</sup>, den Herr Winderlich zum Ausgangspunkt seiner Ausführungen nimmt, sagte ich: „Was allein wissenschaftliches Interesse hat oder was gar noch wissenschaftlich umstritten ist, gehört nicht in die Schule oder soll nur gestreift werden. Eine wahrhaft wissenschaftliche Behandlung solcher Dinge ist dort nicht möglich, und eine andere Behandlung erzieht die Schüler zur Oberflächlichkeit. Ich denke z. B. an die analytische Chemie, die gänzlich unberechtigterweise jetzt an vielen Schulen breitesten Raum einnimmt, an die elektrolytische Dissoziationstheorie, an die Wernersche Theorie, an die Radiochemie u. dgl.“ Von einer „Verbannung“ der genannten Gegenstände sprach ich nicht.

Ich habe gar nichts dagegen einzuwenden, daß die Schule an einigen einfachen Beispielen das Prinzip der Analyse erklärt, daß sie die Umrisse der elektrolytischen Dissoziationstheorie auf der Oberstufe<sup>3)</sup> elementar in Anlehnung an bekannte experimentelle Tatsachen bringt. Aber sie darf diese Dinge, deren Wert fast ganz auf wissenschaftlichem Gebiet liegt, keinesfalls übertreiben und nicht den Unterricht darauf aufbauen. Ausgezeichnete, selbständige Lehrer sollen natürlich hinsichtlich des Lehrstoffes nicht eingeengt werden; sie sprengen ohnehin die Ketten der Vorschriften und der Schulbücher. Die Vorschriften und Bücher müssen auf die — viel

häufigeren — Durchschnittslehrer zugeschnitten sein, welche sich streng daran halten. Diese die große Mehrzahl bildenden Lehrkräfte neigen aber dazu, gerade gewisse Gebiete, die für die Aufgaben der Schulchemie nur geringe Bedeutung haben, sich aber bequem weit ausspinnen lassen, zu übertreiben, zur Grundlage ihres Unterrichts zu machen und zu trockenem Pauk- und Prüfungswissen zu erniedrigen. Solche Gebiete sind z. B. stöchiometrische Rechnungen, die Analyse und auch die elektrolytische Dissoziationstheorie. Chemie des praktischen Lebens, nicht wissenschaftliche Chemie soll die Schule lehren! In diesen Gedanken muß sich jeder Schul-Chemielehrer zunächst einleben, und er muss sich die systematische Wissenschaftlichkeit aus dem Kopf schlagen, mit welcher die Chemie auf den Hochschulen — bis jetzt leider auch für die künftigen Schullehrer ohne Berücksichtigung ihrer besonderen Bedürfnisse! — gelehrt wird.

Die eingehendere Behandlung der Analyse hat auf der Schule nichts zu suchen. Damit scheiden für die Schule auch die nur oder doch hauptsächlich analytisch wichtigen Reaktionen aus. Infolgedessen verliert aber auch die elektrolytische Dissoziationstheorie den Hauptteil ihrer Bedeutung für den Schul-Chemieunterricht. Herr Winderlich nennt z. B. als Gegenstände, zu deren „Erklärung“ die Dissoziationstheorie unentbehrlich sei, die Reaktion zwischen Silbernitrat und Dinatriumphosphat, das Verhalten der Chloride und Chlorate gegenüber Silberlösungen, Ferrosalze, Ferrisalze, Eisenkomplexsalze, hydrolytische Erscheinungen. Alle diese Dinge sind für den Schul-Chemieunterricht völlig unwesentlich. Wenn er sich mit ihnen beschäftigt, verliert er kostbare Zeit für seine Hauptaufgabe, den Schülern die praktische Bedeutung der Chemie für fast alles Naturgeschehen und für unser eigenes Dasein lebendig zu veranschaulichen.

#### Funkentelegraphisches Heeresgerät.

Unsere Armee hatte 1914 feste Großstationen und fahrbare schwere und leichte Stationen. Im Kriege wurden nach dem gedämpften System der tönenden Löschfunken die tragbaren Kleinstationen gebaut, von denen 3 Modelle herauskamen:

<sup>1)</sup> Diese Zeitschrift 32, 119 (1919).

<sup>2)</sup> „Der Chemieunterricht an den höheren Schulen“, Ztschr. f. angew. Chem. 31, 201 [1918] und Naturw. Monatsh. 1, 30 [1919].

<sup>3)</sup> Hierin stimmt Herr Winderlich, wie ich einer persönlichen Mitteilung entnehme, mit mir überein. Sein Aufsatz konnte gedeutet werden, als wolle er eine frühzeitige Behandlung der Dissoziationstheorie befürworten.



das Groß-Funk- Kleingerät  
" Mittel-Funk- "  
" Klein-Funk- "  
abgekürzt G-fuk, M-fuk, K-fuk.

Von diesen eignet sich für Schulen am besten das Mittelfunkkleingerät, 1916 herausgekommen, das M-fuk 16. Sender und Empfänger sind getrennt. Dieses Modell ist noch mit guten Materialien gebaut und arbeitete im Felde sehr zuverlässig. Der Sender kann an der Hand von Figuren aus d. H. A. L. (siehe unten) auseinandergenommen und auf einem Grundbrett aufmontiert werden, so daß die einzelnen Schwingungskreise nebeneinander erkennbar sind. Die Größe der einzelnen Teile eignet sich gut zur Demonstration. Die später als 1916 gebauten Apparate sind aus Ersatzmaterialien und wegen eines größeren Wellenbereichs unübersichtlicher wie das M-fuk 16.

Wenn das M-fuk 16 wegen seines Preises nicht angeschafft werden könnte, dann käme das K-fuk-Gerät in Betracht. Im Felde hat es bei größeren Entfernungen nicht so zuverlässig gearbeitet wie das M-fuk 16, aber im Laboratorium wird es seine Zwecke ganz erfüllen, zumal wenn man es auseinander nimmt und die Schwingungskreise nebeneinander auf einem Grundbrett aufmontiert.

Es empfiehlt sich die Anschaffung des „Hilfsbuch für die Ausbildung des Landfunkers“ (H. A. L.) gedruckt in der Reichsdruckerei 1917. Es enthält die Grundlagen, wichtige physikalische und technische Begriffe und die eingehende Beschreibung der fahrbaren und tragbaren Stationen nach dem System der tönenden Löschfunken. Mit seinen zahlreichen Abbildungen und farbigen Schaltungsschemen ist es abgesehen von einigen Mängeln der Darstellung ein gutes Orientierungswerkchen (238 Seiten).

Pädagogisch geschickt und klar abgefaßt ist der „Leitfaden für den technischen Unterricht über das U.S.-Gerät“. (U.S. = ungedämpfte Schwingungen.) Er ist vom Chef des Nachrichtenwesens herausgegeben und mit zahlreichen, zum Teil farbigen Abbildungen versehen. Er gehörte zu den geheimen Vorschriften, indes sind Beschreibungen der Röhrensender-Empfänger neuester Art schon veröffentlicht z. B. C. W. Kollatz: Die Funkentelegraphie (vgl. *d. Zeitschr.*, 1919, 213).

Das gedämpfte System der tönenden Löschfunken birgt eine Fülle konstruktiver Feinheiten und stellt eine zusammenfassende Anwendung zahlreicher physikalischer Begriffe dar, so daß es sich für den Unterricht ganz besonders eignet. Praktisch ist es überholt durch das ungedämpfte System, das bei viel geringerer Energie eine größere Reichweite und sehr viel größere Störungsfreiheit besitzt als jenes. Deshalb können die Verwertungsstellen kaum jetzt oder später ein In-

teresse daran haben, die Apparate mit dem tönenden Löschfunken System zurückzuhalten. Die Empfänger können durch einen Zusatzapparat auch für das ungedämpfte System verwendbar gemacht werden, deshalb hat die Reichspostverwaltung für diese besonderes Interesse, aber wohl kaum für die Sender. Der öffentliche Verkauf der Apparate wäre empfehlenswert. Zuständig für die Abgabe von Apparaten ist das Reichsverwertungsamt, Abteilung Nachrichten-Mittel, Berlin W. 10. Viktoriastrasse 5-6.

Bei den Verwertungsstellen lagern noch viele Einzelstücke: Transformatoren, Pendel-Umformer, Kapazitäten etc., aus denen an der Hand der Figuren der H. A. L. ein geschickter Monteur die Apparate zusammensetzen kann. Dabei können auch Teile aus verbrauchten und zerschossenen Apparaten noch benutzt werden.

*Dr. H. Schuh, Trier.*

Wir fügen der vorstehenden Mitteilung noch hinzu, daß bisher alle Bemühungen vergeblich gewesen sind, vom Reichswehrministerium eine allgemeine Verfügung über Freigabe von Heeresgut für Unterrichtszwecke zu erlangen. Wir können daher nur empfehlen, sich an das nächst gelegene Reichs- oder Landes-Verwertungsamt zu wenden, was schon mehrfach mit Erfolg geschehen ist.

**Hermann Rebenstorff †.** Am 17. Oktober 1919 ist einer unserer ältesten und treuesten Mitarbeiter, Hermann Rebenstorff, aus dem Leben geschieden. Er stammte aus Güstrow in Mecklenburg und hat nur ein Alter von 57 Jahren erreicht. Unsere Zeitschrift verdankt ihm eine überaus große Zahl von Aufsätzen und Mitteilungen, in denen er vorwiegend die experimentelle Technik der Physik und der Chemie förderte. Durch gediegene Aufsätze in Zeitschriften erwarb er sich große Verdienste um die Hebung der Volksbildung. Besonders geschätzt wird sein physikalisches Experimentierbuch für jüngere und mittlere Schüler, das die naturwissenschaftliche Schülerbibliothek von Bastian Schmid eröffnete. Wir werden seine Mitarbeit und seinen gern gewährten sachkundigen Rat fortan schmerzlich vermissen.

P.

**Nicolai Drentelen,** einer der führenden Männer auf dem Gebiet des Physikunterrichts in Rußland, ist am 12. Januar 1919 in Petersburg infolge von Überarbeitung und Unterernährung verstorben. Er hat in den ersten beiden Jahrzehnten unserer Zeitschrift mehrere schätzenswerte Beiträge geliefert. Er hat u. a. ein populäres Lehrbuch der Physik und eine größere Zahl von Übersetzungen physikalischer Schriften verfaßt.

P.

## Himmelserscheinungen im März und April 1920.

12<sup>h</sup> = Mittag, 0<sup>h</sup> und 24<sup>h</sup> = Mitternacht. (Berliner Zeit = MEZ - 0,1<sup>h</sup>).

MEZ 12 <sup>h</sup>	März						April					
	2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26
♄	AR 23 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	0.10	0.11	0.1	23.46	23.34	23.29	23.32	23.43	23.59	0.19	0.43
	D 1 <sup>o</sup>	4	5	4	2	-1	-3	-4	-4	-3	-1	+2
♀	AR 20 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	21.16	21.40	22.4	22.28	22.51	23.14	23.37	0.0	0.22	0.45	1.8
	D -18 <sup>o</sup>	-16	-15	-13	-11	-9	-6	-4	-2	+1	3	6
☉	AR 22 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	23.11	23.29	23.48	0.6	0.24	0.42	1.0	1.19	1.37	1.16	2.15
	D -7,2 <sup>o</sup>	-5,3	-3,3	-1,4	0,6	2,6	4,5	6,4	8,3	10,1	11,9	13,5
♂	AR 14 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	14.28	14.30	14.30	14.28	14.26	14.22	14.17	14.11	14.5	13.57	13.50
	D -12 <sup>o</sup>	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-11	-11	-10	-10
♃	AR 8 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>		8.46		8.44		8.44		8.43		8.45	
	D 19 <sup>o</sup>		19		19		19		19		19	
♅	AR 10 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>				10.36				10.32			
	D 10 <sup>o</sup>				11				11			
Sternzeit <sup>1)</sup>	22 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	22.59.	23.19.	23.38.	23.58.	0.8.	0.38.	0.57.	1.17.	1.37.	1.56.	2.16.
	43 <sup>s</sup>	26	9	52	35	17	0	43	26	8	51	34
Zeitgl.	12 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	11.12	9.55	8.31	7.2	5.31	4.0	2.31	1.7	-0.9	-1.17	-2.13

Breite von Berlin. Ortszeit Oberer Rand von ☉ und ☽

	6h 47m	6.36	6.24	6.13	6.1	5.49	5.36	5.24	5.12	5.1	4.50	4.39
☉ Aufg.	17h 39m	17.48	17.57	18.6	18.14	18.23	18.34	18.42	18.51	19.0	19.9	19.17
☽ Aufg.	15h 7m	21.18	1.27	4.30	6.30	10.30	16.38	22.29	1.29	3.39	6.20	12.1
☽ Untergang	5h 6m	7.8	9.51	14.55	21.15	1.46	4.26	6.31	10.27	16.14	22.40	1.41

<sup>1)</sup> Im Stargarder Meridian.

### Frühlings-Anfang März 20, 23<sup>h</sup> MEZ.

Mondphasen MEZ	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		März 20 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	April 18 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	Febr. 27 <sup>d</sup> 0 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	März 27 <sup>d</sup> 7 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	März 4 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	April 3 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	Mai 3 <sup>d</sup> 2 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>

Der Mond tritt zu folgenden Zeiten (MEZ) in die abgerundeten Sternbilder des Tierkreises:

Sternbild	W	S	Z	K	L	J	Wg	Sp	Sz	Sb	Ws	Fs	
Länge	25 <sup>o</sup>	55 <sup>o</sup>	85 <sup>o</sup>	115 <sup>o</sup>	145 <sup>o</sup>	175 <sup>o</sup>	205 <sup>o</sup>	235 <sup>o</sup>	265 <sup>o</sup>	295 <sup>o</sup>	325 <sup>o</sup>	355 <sup>o</sup>	
Febr.			28,3 <sup>d</sup>	1,4	3,5	5,7	8,0	10,5	13,0	15,5	17,9	20,1	März
März	22,3 <sup>d</sup>	24,4	26,5	28,6	30,8	2,0	4,4	6,8	9,3	11,9	14,3	16,6	April
April	18,7 <sup>d</sup>	20,8	22,8	24,9	27,0	29,3.	1,7						Mai

### Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Ortszeit. Breite von Berlin.

Tag	♄ Abendstern nachm.		Tag	♀ Morgenstern vorm.		♂ (Wage)		♋ (Krebs)		♌ (Löwe)	
						nachm.	vorm.	nachm.	vorm.	nachm.	vorm.
II 21	D 6,4 <sup>h</sup>	U 6,4 <sup>h</sup>	III 2	A 5,8 <sup>h</sup>	D 6,1 <sup>h</sup>	A 10,8	D 5,6	D 6,7	D 5,7	D 6,8	D 5,6
III 2	D 6,7 <sup>h</sup>	U 7,4 <sup>h</sup>	22	A 5,4 <sup>h</sup>	D 5,4 <sup>h</sup>	A 9,5	D 4,9	D 7,3	U 4,6	D 7,4	D 4,9
III 16	D 7,0 <sup>h</sup>	U 7,0 <sup>h</sup>	IV 11			D 8,0	D 4,0	D 7,9	U 3,3	D 8,0	D 4,0
			V 1			D 8,8	D 3,1	D 8,6	U 2,0	D 8,8	U 3,0

A = Aufgang; U = Untergang; D = Dämmerung.

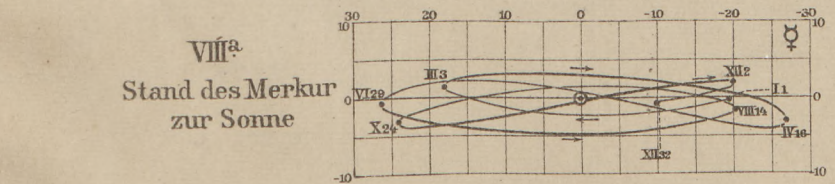
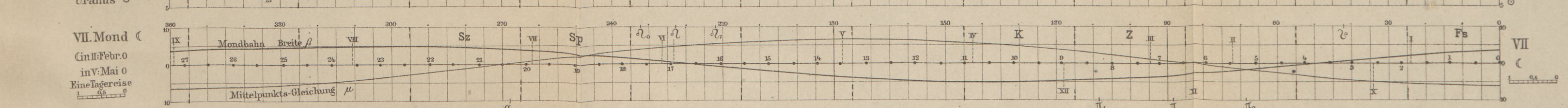
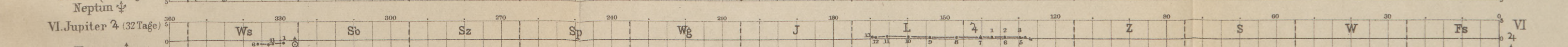
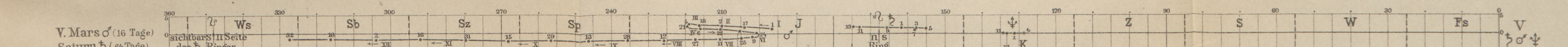
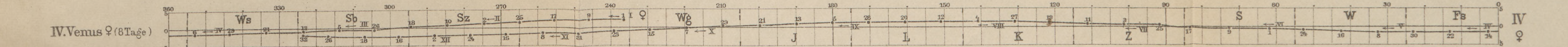
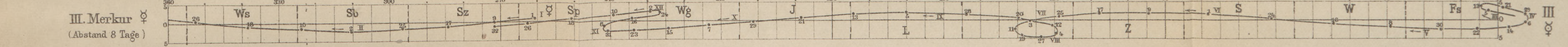
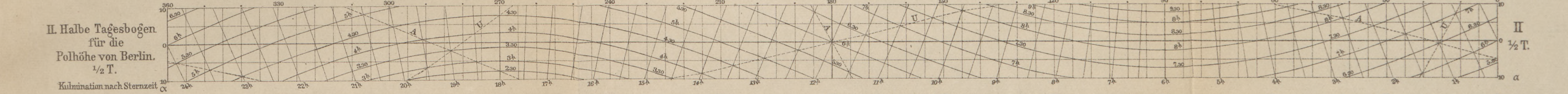
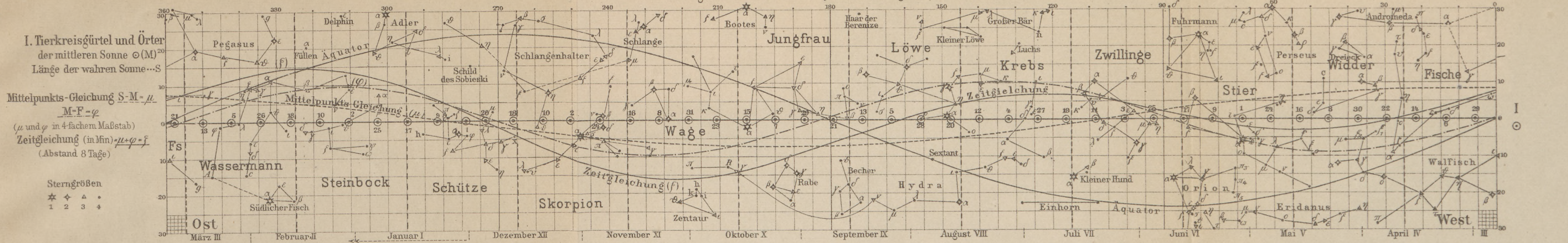
### Verfinsterungen der Jupitermonde (MEZ). Nachmittag-Stunden. E = Eintritt, A = Austritt.

März 6, 7 <sup>h</sup> 21,7 <sup>m</sup> A I	März 19, 9 <sup>h</sup> 42,3 <sup>m</sup> A II	April 5, 9 <sup>h</sup> 31,3 <sup>m</sup> A I	April 27, 9 <sup>h</sup> 45,1 <sup>m</sup> A IV
" 12, 7 <sup>h</sup> 7,4 <sup>m</sup> A II	" 29, 7 <sup>h</sup> 36,0 <sup>m</sup> A I	" 9, 8 <sup>h</sup> 37,0 <sup>m</sup> E III	" 28, 9 <sup>h</sup> 46,4 <sup>m</sup> A I
" 13, 9 <sup>h</sup> 16,7 <sup>m</sup> A I	April 2, 8 <sup>h</sup> 17,2 <sup>m</sup> A III	" 20, 9 <sup>h</sup> 18,9 <sup>m</sup> A II	M. Koppe.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.



# Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1920 bezogen auf das Koordinatensystem der Länge und Breite.



Abkürzungen für 1 2 3 4 5 6 7  
 ♃, ♄, ♅, ♆, ♁, ♀, ♁  
 VIII<sup>2</sup> IX<sup>3</sup> X<sup>4</sup> XI<sup>5</sup> XII<sup>6</sup> XIII<sup>7</sup>

Nach der Jahreszeit ist der mittlere Mond zur Bestimmung von μ und β zu verschieben um:

(μ) ← (→)  
 (β) ← (→)

