

Herstellung von Goniometer und Spiegelbussole für Schülerübungen.

Von

Prof. Dr. **Karl Noack** in Freiburg i. B.

Wer Zeit und Neigung hat, ein paar Arbeitsstunden auf die Anfertigung eines Apparates zu verwenden, dem möchte ich in den folgenden Blättern zeigen, wie man sich mit sehr geringem Aufwand von höchstens 12 bis 15 Mark ein sehr brauchbares Goniometer anfertigen kann, das sich im Schülerpraktikum für verschiedene Zwecke gut verwenden läßt; wem Muße und Anlage nach dieser Seite fehlen, kann den Apparat von der Mechanischen Werkstätte Ludwig Schmittgall in Gießen beziehen.

Das Goniometer.

Fig. 1 gibt eine Gesamtansicht des Goniometers ohne das Tischgestell (wegen der bei der Aufnahme nicht zu vermeidenden Schiefstellung der Kamera etwas verzeichnet), Fig. 2 zeigt die beiden beweglichen Arme herausgenommen, Fig. 3 einen Durchschnitt durch die Achse zum besseren Verständnis des einfachen Drehmechanismus; Fig. 8 und 12 geben den ganzen Apparat mit Lampe und anderem Zubehör.

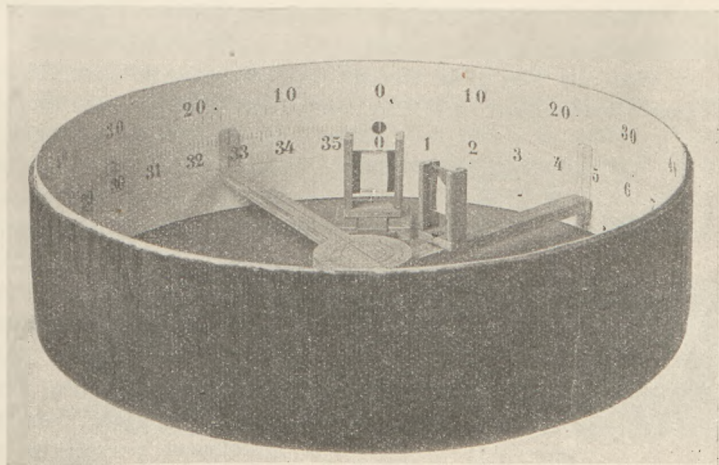


Fig. 1. (1:4,5)

Den Hauptbestandteil des Apparates bildet eine käufliche, aus Karton gedrückte Kuchenschachtel von 39 cm äußerem Durchmesser und 9—10 cm Höhe (bezeichnet mit Nr. 75). Auf den inneren Boden eines vorsichtig

ausgesuchten fehlerfreien Exemplares zeichnet man zwei zueinander senkrechte Durchmesser und eine Anzahl konzentrische Kreise, nachdem man sehr sorgfältig den Mittelpunkt bestimmt hat, leimt ein rundes Scheibchen Laubsägeholz von ungefähr 6 cm Durchmesser auf die Mitte des Bodens und bohrt nach erfolgtem Trocknen beide mit einem Universalbohrer von 24 mm durch. Von der sehr genauen Zentrierung dieses Bohrloches hängt die Güte des Apparates wesentlich ab. Als Tischgestell für diese Goniometerdose dient ein einfacher, aus drei Brettern zusammengeleimter Bock, dessen Konstruktion aus den Abbildungen 8 und 12 ohne weiteres ersichtlich ist.

Für den Drehmechanismus braucht man ein paar kurze Stücke Messingrohr von 24, 22 und 20 mm äußerem Durchmesser bei 1 mm Wandstärke, die man in jeder besseren Eisenhandlung zu kaufen bekommt, sowie 1 bis 2 Quadratdezimeter Messingblech von 1 mm Dicke. Es gelingt leicht, mit der Laubsäge (blaue Sägeblätter für Metall) Stücke von der gewünschten Länge abzuschneiden; man Sorge dafür, daß der Schnitt auf der Rohrachse senkrecht steht, indem man sich die Spur auf dem Mantel entlang der Kante eines straff darumgelegten breiten Papierstreifens vorzeichnet. Die Schnittkanten werden auf Smirgelleinen gut eben geschliffen und die Rohrstücke innen und außen mit feinem Smirgelpapier so weit abgeschliffen,

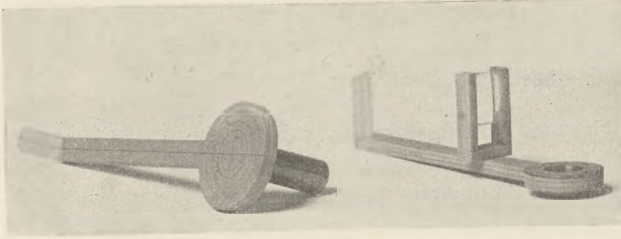


Fig. 2.

geschoben sich leicht, aber ohne zu schlottern, in- und umeinander drehen lassen; nur diejenige Hülse, die an dem Boden der Dose befestigt wird (die erste der unten aufgeführten), soll sich mit etwas stärkerer Reibung um ihre Achse drehen.

Hierauf sägt man aus Messingblech vier Ringe aus,

deren äußerer Durchmesser jedesmal etwa 25 mm größer, der innere eine Spur kleiner ist als der der zugehörigen Hülse. Indem man mit einer halbrunden Feile und Smirgelleinen das ausgesägte Loch vorsichtig erweitert, gelingt es leicht, das am Ende etwas konisch abgefeilte Rohrstück einzupassen; nachdem man Rohr und Ring recht sorgfältig senkrecht aufeinander gerichtet hat, bestreicht man die Fuge mit Tinol und erhitzt das Stück in der Bunsenflamme bis zum Fließen des Lotes. Nach dem Erkalten bohrt man noch die vier Löcher für die Befestigungsschraubchen in den Ring und reinigt die fertige Hülse mit Smirgelpapier.

Wie aus Fig. 3 zu ersehen ist, sind vier solcher Hülsen erforderlich: zwei von 24 mm Durchmesser und 25 bzw. 17 mm Länge, eine von 22 mm Durchmesser und 60 mm Länge und eine vierte von 20 mm Durchmesser bei 30 mm Länge.

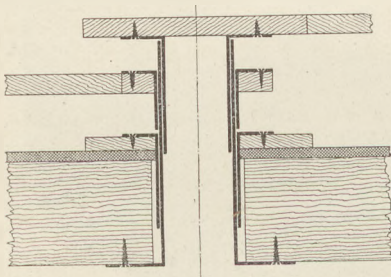


Fig. 3. (1/2.)

Die dritte dieser Hülsen wird gut zentrisch von unten an die Platte des Tischgestells angeschraubt, die zu diesem Zweck eine Durchbohrung von 26 mm Durchmesser erhalten hat, derart, daß zwischen Hülse und Bohrwand ein ringförmiger Raum von 2 mm frei bleibt. Die erste wird durch die Durchbohrung des Dosenbodens gesteckt und mit versenkten Messingschraubchen an dem angeleimten Verstärkungsscheibchen von oben angeschraubt. Die zweite wird ebenso an einen

aus Laubsägeholz hergestellten Ring von 40 mm Durchmesser mit radialem Arm von 15 mm Breite und 19 cm Länge, vom Mittelpunkt gemessen, angeschraubt, und auf die vierte kommt gut zentrisch eine runde Scheibe aus Laubsägeholz mit einem eben solchen radialen Arm; die Fig. 2 und 3 (auch 1) zeigen alle erforderlichen Einzelheiten.

Als Material für diese und die folgenden Holzarbeiten benutzt man vorteilhaft die geschälten Erlenplatten, wie sie bei der Fabrikation der Zigarrenkistchen benutzt werden, und die im Handel in den Dicken von 2 bis 5 mm zu haben sind; für viele Zwecke ist es empfehlenswert, diese Platten zu dreien derart aufeinander zu leimen, daß die Fasern der mittleren Schicht die einander parallellaufenden der beiden äußeren rechtwinklig kreuzen. Auch kann man durch Zusammenleimen passender

Holzstreifen aus diesem Material die zu den folgenden Teilen erforderlichen Nutenleistchen in leicht verständlicher Weise mühelos herstellen.

Auf die radialen Arme der oben zuletztgenannten beiden Teile zeichnet man die Mittellinien der ganzen Länge nach auf, ebenso auf die Platte des Tischchens einige konzentrische Kreise und den zu der ersten Linie senkrechten Durchmesser. Die Enden beider Arme werden mit der Feile oder auf Glaspapier nach unten sehr wenig abgeschragt; auf die Endflächen klebt man mit Zaponlack 15 mm breite und 40 bis 50 mm lange Streifchen von Zelluloidfolie von $\frac{1}{2}$ mm Dicke (aus einem von der Schicht befreiten, alten Planfilm geschnitten), die sich beim Einsetzen der Arme in die Trommel ganz schwach federnd an die Wand anlegen; auf jedes dieser Streifchen wird als Ablesemarke mit Tusche eine senkrechte Mittellinie als Fortsetzung der radialen Mittellinie des Armes gezeichnet.

Auf den ersten Arm kommt ein Rähmchen mit Nuten von 50 mm Höhe und 30 mm Breite (das aber erst später endgültig angeleimt werden darf) in solcher Stellung, daß ein zwischen die Nuten eingeschobenes Brillenglas von + 8 Dioptrien gleich 125 mm Brennweite das scharfe Bild eines fernen Gegenstandes gerade auf dem Zelluloidscheibchen entwirft. Das Brillenglas kann man mit Smirgel auf einer alten Glasscheibe leicht in rechteckige Form von 23:30 mm abschleifen und die beiden langen Seiten ein wenig abschragen, so daß sich die Linse mit etwas Reibung in dem Rähmchen verschieben läßt.

Auf den Boden der Dose werden 4 cm von der Wand entfernt, entlang einem der eingezeichneten Durchmesser und diesem genau parallel in 20 mm Abstand voneinander zwei Nutenleistchen von 50 mm Länge aufgeleimt, zwischen denen sich leicht, aber ohne zu schlottern, ein passender Schlitten mit einem Nutenrähmchen von 40 mm Breite und 45 mm Höhe (das auch erst später befestigt wird) verschieben läßt; das alles ist aus Fig. 1 und 2 leicht zu ersehen. Die Beleuchtungslinse, die in dieses Rähmchen gehört, wird, wie oben angegeben, aus einem Brillenglas von + 16 Dioptrien gleich 62,5 mm Brennweite im Format 30:30 mm zurechtgeschliffen und an zwei gegenüberliegenden Seiten abgeschragt zum Einschieben in die Nuten.

Nun handelt es sich darum, die Teilung des Goniometers anzufertigen. Der äußere Durchmesser der Dose beträgt bei einem Umfang von 122,5 cm genau 39 cm, die Wandstärke ist 3 mm; ein in die Dose eingelegter Kartonstreifen von 1 mm Dicke bildet demnach einen Ring von $39,0 - 2 \cdot 0,3 - 2 \cdot 0,1 = 38,2$ cm innerem Durchmesser, entsprechend einem Umfang von genau 1200 mm; es kommen also 3° auf 10 mm, wonach die Teilung des Streifens leicht auszuführen ist.

Man könnte sich zu dieser Arbeit natürlich der sogenannten Bunsenschen Teilmaschine¹⁾ mit Normalmaßstab und Stangenzirkel bedienen; aber in Fällen, wo es sich wie hier um das Auf-

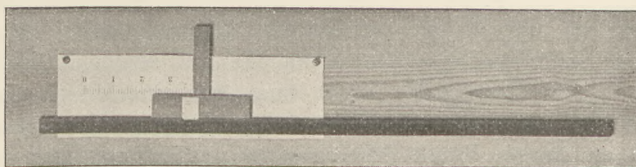


Fig 4.

tragen von Bruchteilen der Einheiten des Normalmaßes handelt, und wo die Krümmung längerer Skalenstriche stören würde, wendet man besser das durch Fig. 4 erläuterte Verfahren an: auf dem glatten, gut abgehobelten Brett, auf das der zu teilende Papierstreifen aufgestiftet ist, wird in passender Lage der an zwei Stellen durchbohrte Normalmaßstab mit zwei Drahtstiften befestigt; entlang dem Maßstab gleitet ein Anschlagwinkel gleicher Dicke, auf den ein Kartonstreifen so aufgeklebt ist, daß es die Millimeterteilung des Maßstabes zur Hälfte, also etwa 2 mm weit, überragt,

¹⁾ Bunsen, Gasometrische Methoden, S. 32 (Fig. 24).

auf dieses Streifchen ist eine Nullmarke entsprechend der Kante des freien Schenkels aufgezeichnet; auch ist es vielfach bequem, daneben einen Nonius zur Verfügung zu haben.

Mit dieser Vorrichtung gelingt es leicht, in kurzer Zeit eine sehr befriedigende Teilung in willkürlichen Einheiten herzustellen. In unserem Falle ist die Aufgabe besonders einfach; weil allemal der dritte Strich wieder auf einen Zentimeterstrich fällt. Wie aus Fig. 1 zu ersehen ist, werden auf dem 10 cm breiten Kartonstreifen zwei Teilungen aufgetragen, eine in der Mitte des Streifens von Grad zu Grad fortschreitend und von 0 bis 360 beziffert, und eine zweite in dreiviertel der Höhe in Doppelgraden, bei der also nur jeder zweite Strich gezogen wird, und die vom gemeinsamen Nullstrich aus nach beiden Seiten die Bezifferung 0^0 bis 90^0 erhält; zur Bezifferung bedient man sich kleiner Blechschablonen²⁾.

Wenn man die so hergerichtete Skala in die Dose einsetzt, so wird man finden, daß trotz sorgfältigster Messung und Ausführung Anfang und Ende einander um einige Millimeter überragen, weil sich der federnde Streifen doch nicht vollkommen dicht an die Dosenwand anschmiegt; das ist aber kein Nachteil; denn wenn man den Kartonstreifen scharf austrocknet, etwa in der Sonne oder an der Heizung, so läßt er sich leicht so einsetzen, daß Anfang und Ende genau an dem Durchmesser des Dosenbodens, wo die Beleuchtungslinse stehen wird, stumpf zusammenstoßen. Wenn nachher das Papier wieder den normalen Feuchtigkeitsgrad angenommen hat, sitzt die Skala unverrückbar fest und bedarf keiner weiteren Sicherung ihrer Lage.

Nachdem die Skala richtig eingesetzt ist, schlägt man mit einem Locheisen von 10 mm Durchmesser von innen, genau auf der Nulllinie als Mitte, zwei saubere Löcher durch Skala und Seitenwand, eins in 25 mm Höhe, das andere in 50 mm vom Boden aus gemessen. Alsdann leimt man auf die Außenwand symmetrisch zu diesen beiden Blendenlöchern ein Rähmchen aus Nutenleisten, die einen gegenseitigen Abstand von 20 mm haben und zur Aufnahme zweier Messingscheiben von gleicher Breite und 8 cm Länge dienen. Jedes dieser Blendenscheibchen hat eine Durchbohrung von 10 mm Durchmesser, die genau mit den entsprechenden Löchern in der Wand zusammenfallen. Über die Öffnung der einen Blende, die der unteren Durchbohrung der Wand entspricht, wird ein haarfeiner Messingdraht von 0,1 mm Dicke parallel der Längsseite diametral aufgelötet, wobei man darauf achten muß, daß der Draht scharf gespannt ist. Über die Öffnung der anderen lötet man zwei mit scharfer Schere gut geradkantig geschnittene Streifchen Schablonenblech derart auf, daß zwischen ihnen ein den Längskanten der Blende paralleler Spalt von etwa $\frac{1}{2}$ mm Breite freibleibt; die Backen der Blende werden auf der Innenseite mit weißer Deckfarbe bis dicht an den Spalt sauber angestrichen oder mit weißem Papier beklebt.

Als Lichtquelle kann man gut eine kleine Fahrrad-Azetylenlampe benutzen, für die man sich einen passenden Fuß in der Weise herrichtet, daß man ein etwa 20 cm langes Stück Flachmessing von 25 mm Breite und 3 mm Dicke in senkrechter Lage mit Blei in eine Blechdose von 10:3 cm eingießt; unter die noch heiße Dose kittet man mit Siegellack drei Scheibchen Filz oder Kork von 5 mm Dicke. Hinter die Glasscheibe des Reflektors setzt man eine eingepaßte Scheibe von schwarzem Karton mit einer Öffnung von 15 mm Durchmesser in Flammenhöhe, wenn man nicht vorzieht, sich einen Schornstein mit Ansatzrohr in Flammenhöhe herzustellen, der an Stelle des Reflektors an die Lampe angesetzt werden kann, wie aus Fig. 8 oder 12 zu ersehen ist.

Jetzt erst können die beiden Linsenhalter endgültig befestigt werden. Zu diesem Zweck setzt man die Spaltblende in das Blendenrähmchen, beleuchtet sie mit der Azetylenlampe und setzt den Linsenhalter mit der Beleuchtungslinse von 62,5 mm

²⁾ An Stelle der oberen Teilung könnte natürlich auch eine Tangententeilung aufgetragen werden.

auf den Schlitten so vor die Blendenöffnung, daß auf der gegenüberliegenden Dosenwand ein scharfes Bild des Spaltes entsteht; dabei gibt man dem 6 cm langen Schieber in der am Dosenboden angeleimten Führung eine solche Stellung, daß der Linsenhalter nicht in die Mitte, sondern 4 cm vom äußeren und 2 cm vom inneren Ende entfernt zu stehen kommt, wenn das Bild des Spaltes scharf eingestellt ist. An dieser Stelle wird das Linsenrähmchen so angeleimt und festgeschraubt, daß das Spaltbild sich genau mit dem Skalenstrich 180 deckt.

Alsdann setzt man den Linsenarm in die Dose ein und richtet ihn so, daß er gegen den Gradstrich 180 gewendet ist und daß seine Mittellinie sich mit dem Durchmesser 0° — 180° deckt, d. h. daß die Ablesemarke auf den Strich 180 einsteht. Hierauf setzt man den Linsenhalter mit der Linse von 125 mm Brennweite an die vorher aufgesuchte und auf dem Arm genau bezeichnete Stelle, bei der sie ein scharfes Bild eines sehr fernen Gegenstandes auf dem Zelluloidscheibchen entwirft, und rückt die bereits richtig auf ihrem Schlitten befestigte Beleuchtungslinse so weit nach der Spaltblende hin, daß nun der Spalt scharf auf der Wand bzw. auf dem an derselben anliegenden Zelluloidscheibchen abgebildet wird; dann steht der Spalt in der Brennebene der Beleuchtungslinse, und die Strahlen, die sie verlassen, sind parallel. Jetzt rückt man das Rähmchen der Projektionslinse, ohne seine Entfernung von der Wand zu ändern, so lange hin und her, bis das scharfe Spaltbild von der Ablesemarke und dem dahinterliegenden Skalenstrich 180 halbiert wird; in dieser Stellung wird es befestigt.

Alle diese Arbeiten erfordern keine großen Hilfsmittel und keine außergewöhnliche Kunstfertigkeit, aber sie müssen immerhin mit Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt ausgeführt werden; dann aber ist das Ergebnis auch durchaus befriedigend, und das Dosengoniometer liefert Resultate, die für die Zwecke der Schülerübungen nichts zu wünschen übrig lassen. Dabei ist es ein großer Vorzug des Gerätes, daß der Strahlen-gang objektiv vor dem Beobachter ausgebreitet ist; ich darf das vielleicht an einem naheliegenden Beispiel nachweisen:

In allen Fällen, in denen die Anwendung parallelen Lichtes nicht erforderlich ist, bleibt der Linsenarm außer Benutzung, und die Beleuchtungslinse wird so eingestellt, daß sie den Spalt auf der gegenüberliegenden Wand des Goniometers scharf abbildet. Hierher gehören beispielsweise die Versuche zum Nachweis des Reflexionsgesetzes an ebenen Spiegeln, die Bestimmung von Prismenwinkeln, wenn das Bild feststeht und das Prisma gedreht wird, sowie alle orientierenden Vorversuche. Wird etwa zur Bestimmung der Prismenwinkel ein gleichseitiges Prisma abc , Fig. 5, auf das Tischchen gesetzt, so erscheinen im allgemeinen auf der Dosenwand eine Anzahl Bilder, von denen vier ausgezeichnet sind, zwei weiße Spaltbilder B_1 und B_2 etwa bei 117° und 231° durch Spiegelung an den Flächen ac und ab , sowie zwei Spektren S_1 und S_2 auf 142° und 215° , die durch Brechung an den brechenden Kanten b und c entstehen. Dreht man nun das Tischchen etwa im Sinne des Uhrzeigers, so laufen B_1 und S_1 in gleichem Sinne entlang der Skala, das Spiegelbild B_1 aber rascher als das Spektrum S_1 , so daß es das Spektrum bei 145° erreicht; dreht man jetzt weiter, so verharrt B_1 in seiner seitherigen Bewegungsrichtung, während S_1 umkehrt und nach seiner früheren Stellung und darüber hinaus zurückläuft. Aus dieser Erscheinung, die man in ihrer Übersichtlichkeit gesehen haben muß, um ihren didaktischen Wert zu verstehen, folgt ohne weiteres das Wesentliche der Miniumstellung³⁾.

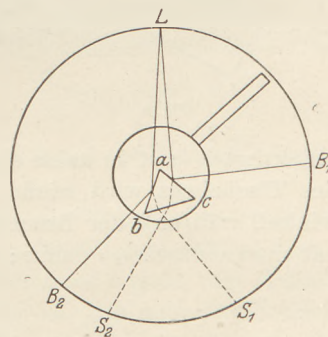


Fig. 5.

³⁾ Freuchen, Die Brechung des Lichtes durch das Prisma, d. Zeitschr. 15, 344.

Wenn man bei der in Fig. 5 dargestellten Lage des Prismas, also bei feststehendem Prisma, aus dem Winkel $B_1 B_2$ den Prismenwinkel bei a bestimmen oder die Ablenkung des Strahles bei der Minimumstellung messen will, müssen natürlich die einfallenden Strahlen vorher parallel gemacht werden; dies erreicht man einfach dadurch, daß man den Linsenarm auf 180° einstellt und die Beleuchtungslinse so verschiebt, daß ein scharfes Spaltbild auf der Skala bzw. auf der Marke entsteht; da die Ablesemarke in der Brennebene der Projektionslinse steht, sind alsdann die auf letztere auffallenden Strahlen parallel.

Es ist hier nicht der Ort, im einzelnen alle die Aufgaben aufzuzählen, die sich mit dem Dosengoniometer behandeln lassen; nur auf eine lehrreiche Versuchsanordnung, die auf einer Art Autokollimation beruht, möchte ich noch kurz hinweisen. Wenn man die Beleuchtungslinse auf parallele Strahlen eingestellt hat, so daß also der Spalt in ihrer Brennebene steht, und man stellt auf das Tischchen einen zur Achse des Strahlenbündels senkrechten Spiegel, so erhält man neben dem Spalt auf der weißen Blendenfläche ein Bild desselben in natürlicher Größe; diese Erscheinung kann man benutzen, um Prismenwinkel nach dem Verfahren des drehbaren Prismas zu messen oder um Brechungsexponenten bei senkrechtem Eintritt und nach der Abbeschen Methode des in sich zurückkehrenden Strahles zu bestimmen. Gerade diese letztere schöne Methode scheint mir besonders lehrreich; ich möchte kurz beschreiben, wie die Messung mit dem Dosengoniometer anzuordnen und durchzuführen ist.

Die Beleuchtungslinse wird, wie schon beschrieben, mit Hilfe der Projektionslinse oder, wie oben angedeutet, durch Autokollimation unter Benutzung eines auf das

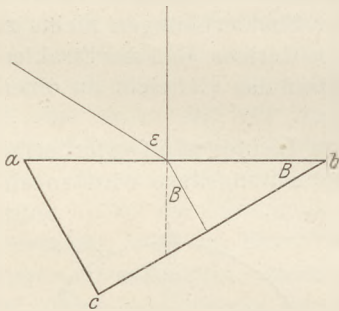


Fig. 6.

Tischchen gestellten Spiegels auf parallele Strahlen eingestellt, der Linsenarm entfernt und auf die Mitte des Tischchens das Prisma gesetzt, dessen brechender Winkel B (vgl. Fig. 6) kleiner als 42° sein muß. Als dann dreht man das Tischchen so, daß ab senkrecht zu dem einfallenden Strahlenbündel steht, was daran erkannt wird, daß Spalt und Spaltbild sich decken; nachdem die Stellung des Tischchens abgelesen ist, dreht man das Tischchen im Uhrzeigersinn, bis die gleiche Erscheinung wieder eintritt; dann rührt das Spaltbild von dem schief einfallenden, an der Vorderseite gebrochenen, an der Rückseite rechtwinklig reflektierten und in seine eigene Spur zurückkehrenden Strahl her. Die neue Stellung des Tischchens wird wieder abgelesen, die erfolgte Drehung ist gleich dem Einfallswinkel, während der Brechungswinkel durch den Prismenwinkel B gegeben ist; also hat man einfach $n = \sin \epsilon : \sin B$.

2. Die Spiegelbussole.

Die guten Resultate, die man mit diesem Dosengoniometer erhält, und die sehr bequeme Handhabung des Apparates ermutigen zu dem Versuch, ihn auch den Zwecken magnetischer und galvanischer Messungen dienstbar zu machen. In der Tat gelingt es leicht, das Goniometer zu einer Spiegelbussole umzubilden. Fig. 7 zeigt den hierzu erforderlichen Zusatzteil, Magnet und Spiegellinse in einem Reagenzglas. Man konnte zunächst zweifelhaft sein, ob es möglich sein wird, durch die Glaswand hindurch, die der Lichtstrahl zweimal passieren muß, hinreichend scharfe Bilder der Marke zu erhalten; indes hat es sich gezeigt, daß bei sorgfältiger Auswahl des Reagenzglases, das natürlich möglichst schlierenfrei sein soll, in dieser Beziehung kein Hindernis besteht.

Am besten ist es, sich aus einer sorgfältig ausgesuchten, dünnwandigen Glasröhre von nahezu 20 mm äußerem Durchmesser einige Reagenzgläser von 25 cm Länge

zu blasen, wobei darauf zu achten ist, daß die Kuppe nicht zu stark aufgetrieben und der obere Rand nur leicht verschmolzen werden darf, damit sich die Öffnung nicht verengt. Von diesen wählt man das beste aus und durchbohrt es mit einer feinen Rundfeile (Nadelfeile) unter Benetzung mit Petroleum an der wenigst guten Seite 11 cm über der Bodenkuppe, indem man die Feile drillend zwischen Daumen und Zeigefinger bewegt. Dann schneidet man von einem Korkstöpfchen ein kurzes Stück ab, feilt mit einer passenden Rundfeile eine Basis hohl, entsprechend der Krümmung der Zylinderwand, durchbohrt es axial mit einer feinen Insektennadel, und kittet es mit Siegelack auf die vorsichtig erwärmte Röhre, so daß die Nadel durch das Bohrloch in das Reagenzglas hineinragt und genau gegen die Rohrachse gerichtet ist; sie muß sich in dem Kork leicht verschieben und zurückziehen lassen.

Als Verschluss dient ein gut und nicht zu stramm passender Korkstopfen von etwa 8 mm Länge, den man auf ein dünnes Brettchen leimt; nach dem Trocknen setzt man ihn auf das Rohr, umfährt dasselbe mit einem scharf gespitzten Bleistift und schneidet das Brettchen mit der Laubsäge innerhalb des Bleistiftstriches sorgfältig aus, so daß das Holzscheibchen eine Spur kleiner ist als der äußere Rohrdurchmesser. Brettchen und Kork werden mit einem feinen Drillbohrer genau axial durchbohrt; eine durch die Bohrung hindurchgesteckte, innen hakenförmig umgebogene, grobe Stecknadel, die sich mit etwas Reibung in dem Kork verschieben läßt, trägt das Magnetsystem. Zuletzt leimt man, wenn das Reagenzglas nicht zufällig genau in die Hülse des Tischgestells passen sollte, unten zwei 1 cm breite Papierringe um das Rohr, dicht über der Kuppe und 2 cm höher (vor der photographischen Aufnahme im Interesse der Übersichtlichkeit entfernt), so daß es nach erfolgtem Trocknen mit leichter Reibung in die Messinghülse eingeschoben werden kann und dort zuverlässig festsetzt; die Hülse wird unten mit einem eingekitteten Korkscheibchen von 1 cm Dicke als Boden verschlossen.

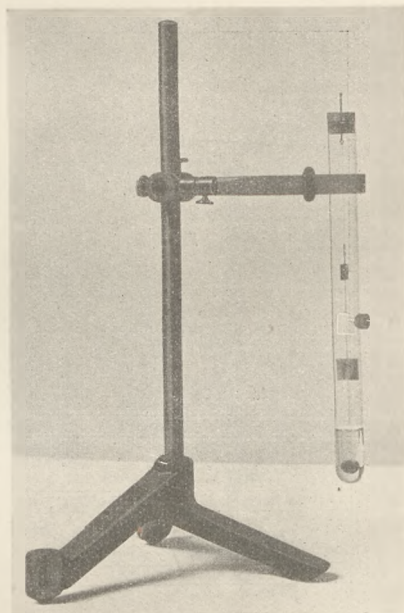


Fig. 7. (etwa 1:5.)

Das Magnetsystem wird folgendermaßen hergestellt: als Träger dient ein ausgesuchter, gerader Glasfaden von 140 mm Länge und ungefähr $\frac{3}{4}$ mm Dicke, dessen unteres, zugeschmolzenes Ende mit einem Kitt von geschlämmter Kreide und Wasser in eine äquatorial durchbohrte Bleischeibe eingekittet ist, die man durch flachklopfen einer Schrotkugel von 5 mm Durchmesser erhält. In das obere Ende der Kapillarröhre ist ein Häkchen von feinem Messingdraht mit Zaponkitt⁴⁾ befestigt; das Bleischeibchen wird durch Eintauchen in denselben Kitt mit einem Überzug von Zelluloid versehen, der es der chemischen Einwirkung der Dämpfungsflüssigkeit entzieht. Wenn alles gut getrocknet ist, legt man das Glasröhrchen flach auf den Tisch, unterschiebt, 65 mm und 95 mm vom Bleischeibchen entfernt, von Mitte zu Mitte gemessen, ein versilbertes Deckgläschen und ein Papierscheibchen von je 15 mm im Quadrat und kittet sie, nachdem man sie gut ausgerichtet und den Glasfaden etwas beschwert hat, mit Zaponkitt oder Syndetikon an; das Spiegelchen erhält nur ein Tröpfchen am oberen Rand; das Papierfähnchen, das zur Hemmung an der Insekten-

⁴⁾ Eine sirupdicke Lösung von Zelluloid in Azeton.

nadel und zur Verhinderung des Umschlagens dient, je ein Tröpfchen oben und unten. Nach einigen Stunden, nachdem der Kitt vollständig erhärtet ist, unterstützt man den Glasfaden an zwei Stellen durch Holzklötzchen von ungefähr 10 mm Dicke, von denen eins an die Stelle zu liegen kommt, an der der Magnet befestigt werden soll, 128 mm von der Mitte des Bleischiebchens entfernt, richtet ihn so, daß Spiegel und Papier-schiebchen senkrecht stehen, schiebt den Magnet unter, beschwert das Ganze in dieser Lage und kittet nun auch den Magnet fest.

Der Magnet soll möglichst klein sein, dabei aber doch eine große Direktionskraft haben; er wird, um beides zu erreichen, folgendermaßen hergestellt: aus bestem Werkzeugstahl (wenn man ihn haben kann, „Wolframstahl“) von 3 mm Dicke feilt man ein quadratisches Scheibchen von 10 mm Seitenlänge zurecht und schneidet mit einer Metallsäge eine Kerbe als Mittellinie parallel einem Seitenpaar bis etwas über die

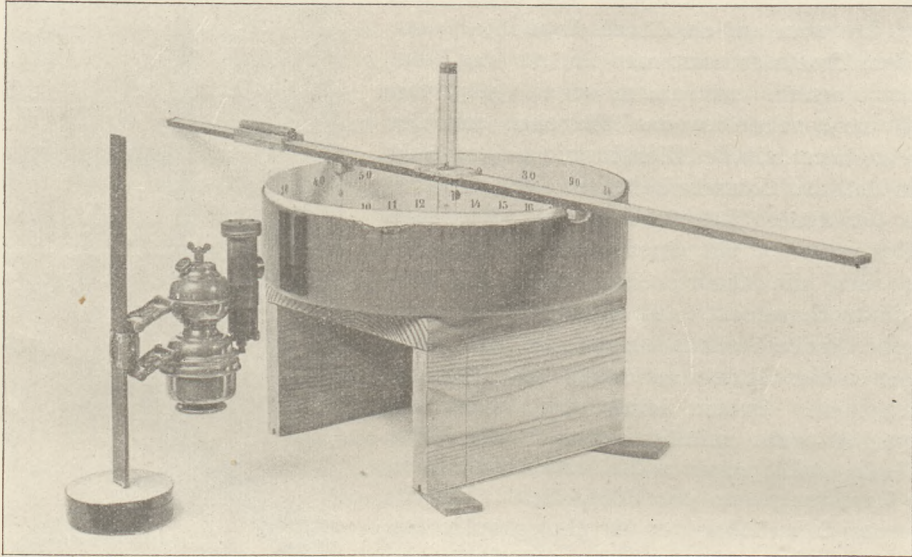


Fig. 8.

halbe Dicke des Scheibchens ein; dann härtet man gut und magnetisiert das Scheibchen zwischen den Polschuhen eines starken Elektromagnetes senkrecht zu dem Einschnitt. Hierauf wird es, wie oben angegeben, an den Glasfaden, der in die Kerbe zu liegen kommt, angekittet. Nachdem man mit einer langen Trichterröhre das Reagenzglas mit einer Mischung von Vaselineöl und Petroleum 3 cm hoch gefüllt hat, wobei jede Beschmutzung der Glaswand sorgsam zu vermeiden ist, hängt man das Magnetsystem an einem ungedrehten Seidenfaden an dem Haken des Stopfens in solcher Höhe auf, daß das Papierfähnchen der Sperrnadel gegenüber zu stehen kommt.

Diese Reagenzglasbussole wird in die Hülse des Tischgestelles eingesetzt, und das Gestell durch untergeschobene Keile so unterstützt, daß das Magnetsystem vollkommen frei in der Röhre schwebt, was bei den gewählten Maßen und dank der tiefen Lage des Schwerpunktes keine Schwierigkeit bietet; hierauf wird das Reagenzglas so gedreht, daß die Sperrnadel senkrecht zum Papierfähnchen steht, von dem ihre Spitze einige Millimeter entfernt ist; in das Nutenrähmchen an der Dosenwand wird die Blende mit Drahtmarke eingesetzt und die Dose so gedreht, daß die Nulllinie dem Spiegel senkrecht gegenübersteht; zuletzt wird die Lampe vor die Markenblende gestellt, und durch Drehen der Dose, Heben oder Senken des Magnetsystems und passende Verschiebung der Beleuchtungslinse das Ganze so gerichtet, daß ein möglichst scharfes Bild der Marke auf hellem kreisförmigen Grund auf der Nulllinie der oberen

Teilung erscheint. Dieses ganze Ausrichten der Spiegelbussole vollzieht sich leicht und rasch, einfacher, als es nach der Beschreibung vielleicht scheinen möchte. Da die Teilung in Doppelgraden ausgeführt ist, werden die Ausschläge des Magnetes unmittelbar in Graden abgelesen; wenn das Instrument gut aufgestellt ist, können Ablenkungen bis 80° noch gut abgelesen werden; das wird aber kaum vorkommen.

Für magnetische Messungen, sowohl bei Einwirkung ganzer Magnete nach dem Gaußschen Verfahren als auch bei Prüfung des Coulombschen Gesetzes für einzelne Pole nach dem Vorschlag von Herrn Fr. C. G. Müller⁵⁾, dient eine leichte Holzleiste von 10 mm Dicke und 110 bis 120 cm Länge, die mit einer von der Mitte nach beiden Seiten verlaufenden Millimeterskala beklebt wird. In der Mitte wird zur Verstärkung ein Brettchen mit querlaufenden Fasern unter die Schiene geleimt (nicht wie in Fig. 8 darüber) und das Ganze genau zentrisch zum Nullpunkt der Teilung mit einem Bohrer von 21 mm Durchmesser sauber durchbohrt. Diese Schiene wird einfach von oben über die Glasröhre der Bussole geschoben und auf den Dosenrand gelegt, am besten in erster Hauptlage; vier an die Unterseite der Schiene angeleimte Klötzchen, die sich außen und innen an die Dosenwand anlegen, und deren Zwischenraum sich nach oben eine Spur verjüngt, sichern die gewünschte Lage. Zur Aufnahme des Normalmagnetes von 10 cm Länge und 1,5 cm Durchmesser dient ein aus Laubsägeholz hergestellter einfacher Schlitten von ebenfalls genau 10 cm Länge und einem Ausschnitt in der Mitte des Bodens mit Ablesemarke; die Magnetachse liegt dann 10 mm über der Oberfläche des Maßstabes und in gleicher Höhe mit der Mitte des Bussolenmagnetes (vgl. Fig. 8 und 12).

Für galvanometrische Zwecke, d. h. hauptsächlich für qualitative Versuche, Widerstandsmessungen nach dem Substitutionsverfahren oder mit der Brücke und ähnliches, ist in erster Linie ein leichter Multiplikator bestimmt, dessen Einrichtung aus Fig. 9 zu ersehen ist, die gleichzeitig einen passenden Fuß zeigt, in dem die Spiegelbussole beiseite gestellt und aufbewahrt werden kann; er wird erhalten, indem man eine passende, unten durch einen Kork verschlossene Papierhülse mit Gips in eine Konservenbüchse eingießt. Der Hauptteil des Multiplikators ist ein zylindrischer, äquatorial in der Mitte durchbohrter Kork von 30 mm Durchmesser und 60 mm Länge, der sich mit sanfter Reibung auf dem Glasmantel der Bussole verschieben läßt. Zwei quadratische Scheibchen aus dünnstem Laubsägeholz von 50 mm Seitenlänge sind mit konzentrischen kreisförmigen Ausschnitten von 30 mm Durchmesser über den Kork bis an das Bohrloch herangeschoben und mit zwei Leisten von 50:22 mm zu einem Kästchen verbunden, in dem der Kork festgeleimt ist; auf die Endflächen des Korkes werden zwei runde Scheibchen von dünnem Holz oder Karton mit 50 mm Durchmesser angeleimt. An die rechteckigen Seitenteile des Kästchens werden die kleinen Klemmschrauben mit Gegenschrauben befestigt und die beiden Hälften der so erhaltenen Doppelspule mit passendem seideumspannenen Kupferdraht umwickelt. Da die Herstellung einer solchen Spule nur wenig Mühe und Arbeit erfordert und das Auswechseln ohne weiteres jederzeit leicht bewerkstelligt werden kann, so empfiehlt sich die Herstellung von zwei Spulen, von denen die eine mit

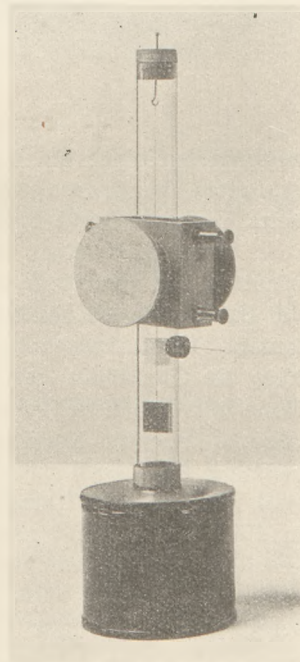


Fig. 9.

⁵⁾ Diese Zeitschr. 22 (1909), S. 1 und 73.

Draht von 0,7 mm, die andere mit möglichst vielen Lagen eines solchen von 0,2 mm Dicke bewickelt ist. Die Spulenhälften können natürlich hintereinander-, gegen-einander- oder parallelgeschaltet benutzt werden.

Für Meßzwecke dient eine kleine Tangentenbussole, deren Einrichtung aus Fig. 10 hervorgeht. Sie besteht aus zwei kreisrunden Scheiben zur Aufnahme von je 7 Windungen seideumspunnenen Kupferdrahtes von 0,7 mm, die durch zwei rechteckige Brettchen von 5:9 cm miteinander verbunden sind; in den oberen Teil des so entstehenden kastenförmigen Raumes von 35:50 mm Querschnitt ist ein Kork von 50 mm Durchmesser und 40 mm Länge eingeleimt, der an zwei gegenüberliegenden Seiten passend abgefeilt ist und eine axiale Durchbohrung von 20 mm Durchmesser erhalten hat. Mit dieser Korkhülse kann der Doppelring auf den Bussolenmantel aufgeschoben werden; das eine Verbindungsbrettchen hat am unteren Rand einen Ausschnitt (in der Figur nur teilweise sichtbar), der über die Sperrnadel hinweggleitet und dessen Tiefe so bemessen ist, daß sich sein oberer Rand gerade auf die

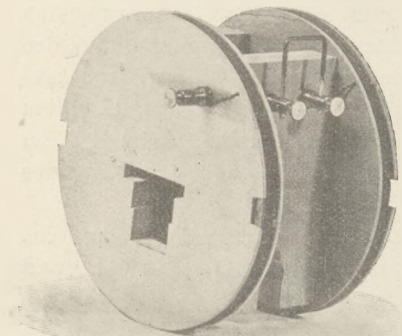


Fig. 10.

Korkführung der Nadel aufsetzt, wenn die Ringmitte sich in gleicher Höhe mit der Mitte des Bussolenmagnetes befindet. Die Kreisscheiben werden in folgender Weise hergestellt: aus verleimtem Holz von 6 mm Dicke sägt man sehr sorgfältig mit feiner Laubsäge zwei vollkommen kreisförmige Scheiben von 60 mm Radius, ebenso aus Holz von 2 mm Dicke vier Scheiben von 62 mm Radius, von denen zwei an den Enden eines Durchmessers rechteckige Ausschnitte von 4 mm Tiefe erhalten, die auch am fertigen Apparat jederzeit ein Nachmessen des Ringdurchmessers gestatten. Diese Scheiben werden gut zentrisch mit einem feinen Drillbohrer durchbohrt und zu je dreien (mit gekreuzten Fasern)

zusammengeleimt; ein durch die Durchbohrung gestecktes Drahtstiftchen, das nach erfolgtem Trocknen wieder entfernt wird, sichert die konzentrische Lage der Scheiben beim Verleimen und Pressen.

Wie Fig. 10 zeigt, haben die Kreisscheiben vor dem Zusammenfügen Ausschnitte erhalten, die dem Profil der Magnetometerschiene entsprechen und die es ermöglichen, die Kreisleiter gleichzeitig mit dem Normalmagnet auf die Bussolennadel wirken zu lassen. Diese Ausschnitte sind so angeordnet, daß die Mitten der Scheiben 10 mm über die Oberfläche der durch die Ausschnitte durchgeschobenen Schiene, in gleiche Höhe mit dem Mittelpunkt des Bussolenmagnetes und des in seinem Schlitten auf die Schiene gelegten Normalmagnetes zu liegen kommen. Über den Zweck dieser Anordnung wird noch zu reden sein. Wenn die Kreisscheiben miteinander verbunden sind, werden zwei Klemmschrauben in der aus Fig. 10 ersichtlichen Weise beiderseits in die Scheiben und zwei andere gegenüber in das sie verbindende Seitenteil eingeschraubt, und dann in jede der beiden Nuten straff und sauber je 7 Windungen isolierten Kupferdrahtes von 0,7 mm aufgespult; die Enden werden durch entsprechende Bohrungen in den Deckscheiben durchgezogen und mit Unterleglingen sorgfältig an den Klemmschrauben leitend befestigt; auch bei dieser Vorrichtung sind alle Kombinationen der beiden Leiterhälften möglich.

Die exzentrische Lage der Kreisleiter gegenüber der Bussolennadel bei dieser Tangentenbussole mußte natürlich aus technischen Gründen gewählt werden; sie hat den Vorteil, daß bei dem gewählten Spulenabstand gleich dem Spulenradius, wobei also die Bussolennadel von der Ebene jedes Kreisleiters um den halben Radius entfernt ist, der Einfluß der Nadellänge auch bei kleinerem Spulenradius verschwindet.

Dem steht freilich der Übelstand entgegen, daß die Formel der Tangentenbussole nicht ganz so einfach abzuleiten ist wie bei einem Kreisleiter, in dessen Mittelpunkt die Nadel schwingt; sie ist aber immer noch unschwer mit elementaren Mitteln zu erhalten.

Nach dem Laplaceschen Gesetz ist die Kraft, die das Leiterelement dl , das vom Strome iA durchflossen wird, auf einen Pol von der Stärke μ im Abstand a ausübt gleich

$$\frac{i}{10} \cdot \mu \cdot \frac{dl \cdot \sin \omega}{a^2},$$

wo ω der Winkel ist, den dl mit der Verbindungslinie von Stromelement und Magnetpol bildet. Handelt es sich um einen Kreisstrom, auf dessen Achse der Magnetpol liegt (vgl. Fig. 11), so ist ω für alle Leiterelemente 90° , $\sin \omega = 1$, und ebenso ist a konstant, so daß für das Integral von dl kurzerhand der Kreisumfang $2r\pi$ gesetzt werden kann. Die Kraft, die der ganze Kreisstrom auf den Magnetpol im Abstand e von der Leiterebene auf der Achse des Kreisleiters ausübt, ist dann gegeben durch den Ausdruck

$$\frac{i}{10} \cdot \mu \cdot \frac{2r\pi}{(r^2 + e^2)}.$$

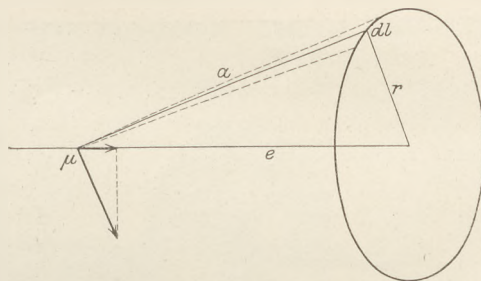


Fig. 11.

Die Richtung dieser Kraft steht überall senkrecht auf der durch μ und dl bestimmten Ebene, d. h. auf den Seitenlinien des durch μ und den Kreisumfang bestimmten Kegelmantels, bildet also mit der Achse einen konstanten Winkel. Da hier nur die axiale Komponente der Kraft in Betracht kommt, so muß der obige Ausdruck noch mit dem Kosinus dieses Winkels oder mit dem Sinus desjenigen Winkels multipliziert werden, unter dem r vom Pol μ aus gesehen wird, das ist $r : \sqrt{r^2 + e^2}$. Die gesuchte axiale Komponente der Laplaceschen Kraft ist also gleich

$$\frac{i}{10} \cdot \mu \cdot \frac{2r^2\pi}{(r^2 + e^2)^{3/2}}.$$

Danach ist das Drehmoment, das dieser Kreisstrom auf eine kleine Magnetnadel, die der Leiterebene parallel steht, ausübt, gleich!

$$\frac{i}{10} \cdot m \cdot \frac{2r^2\pi}{(r^2 + e^2)^{3/2}},$$

wenn m das magnetische Moment der Nadel ist.

Für $e = \frac{r}{2}$ und einen Stromkreis von zweimal 7 Windungen geht dieser Ausdruck über in $\frac{2\pi}{r} \cdot m \cdot i$; der Reduktionsfaktor der Tangentenbussole ist demnach $\frac{r \cdot H}{2\pi}$; für $r = 6$ cm und $H = 0,2$ wird er gleich 0,191.

Die Kombination einer Tangentenbussole mit einem Normalmagnet auf der Magnetometerschiene, etwa in erster Hauptlage, ermöglicht die Behandlung einiger lehrreicher Aufgaben, von denen wohl die Abgleichung des Ampere die wichtigste ist.

Ich möchte aber empfehlen, die kleine Mühe nicht zu scheuen und für diese elektro-magnetischen Messungen einen besonderen Kreisleiter anzufertigen, dessen Einrichtung und Verwendung aus Fig. 12 zu ersehen ist. Die Spulenscheibe hat 10 cm Radius und ist in derselben Weise hergestellt, wie dies oben für die kleineren beschrieben wurde; der mit 10 Windungen seideumsponnenem Kupferdraht von 0,7 mm Dicke belegte Zwischenraum ist 8 mm breit, die Scheibe, die einen entsprechenden Ausschnitt hat, ist mit Hilfe eines Holzklötzchens zur Sicherung der senkrechten

Lage genau in der Mitte eines kleinen Holzschlittens festgeleimt, der mit dem zur Aufnahme des Normalmagnetes bestimmten durchaus übereinstimmt. So kann der Abstand des Kreisleiters von der Bussole leicht geändert und bequem abgelesen werden, da der Schlitten genau 10 cm lang ist.

Ich darf vielleicht an der oben erwähnten Aufgabe zeigen, wie einfach und übersichtlich sich solche Messungen mit dem Apparat gestalten. Das Moment des benutzten Normalmagnetes aus bestem Magnetstahl wird als bekannt vorausgesetzt; es kann nach dem Gaußschen Verfahren oder nach Herrn Müllers Vorschlag mit dem Pendeldynmesser (d. Zeitschr. XXIII, (1910), S. 17) oder auch mit der Polwage (d. Zeitschr. XXIII, (1910), S. 286) leicht und genau bestimmt werden. Für meinen Magnet betrug das Moment 1617 C. G. S. und hat sich seit einigen

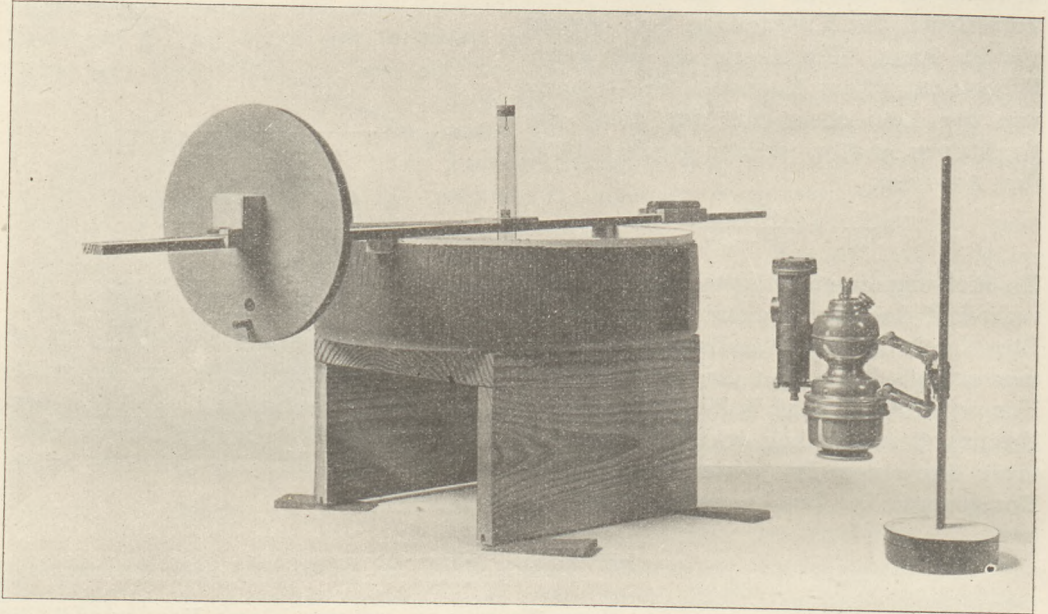


Fig. 12.

Jahren nicht merklich geändert. Der Kreisleiter ($r = 10,035$ cm, wegen der Drahtdicke) wurde auf 25 cm Abstand eingestellt und mit einem großplattigen Meßakkumulator, einem Amperemeter und einem Regulierwiderstand zu einem Stromkreis verbunden; der Widerstand wurde so eingestellt, daß der Strom genau 1 A betrug.

Das von diesem Kreisstrom auf die ihm parallele Bussolennadel ausgeübte Drehmoment war demnach

$$\frac{i}{10} \cdot m \cdot \frac{2 r^2 \pi \cdot 10}{(r^2 + e^2)^{3/2}} = i \cdot m \cdot \frac{2 \cdot 10,035^2 \cdot \pi}{(10,035^2 + 25^2)^{3/2}} = 0,03236 \cdot m \cdot i.$$

Zur Kompensation des entstehenden Ausschlages mußte der Normalmagnet andererseits auf 46,45 cm Entfernung von der Bussolennadel herangeschoben werden; das in diesem Abstand von ihm auf die nicht abgelenkte Bussolennadel ausgeübte Drehmoment ist demnach

$$\frac{2 \cdot m \cdot M}{a_3} = m \cdot \frac{2 \cdot 1617}{46,45^2} = 0,03226 \cdot m.$$

Durch Gleichsetzung beider Ausdrücke erhält man $i = 0,997$ A, eine Zahl, die sich mit dem direkt gemessenen Wert, der ja wohl auch nicht mathematisch genau ist, in befriedigender Übereinstimmung befindet.

Mikrochemische und mikroelektrische Versuche mit Metallwolle für Schülerübungen.

Von

Prof. Dr. G. Gruber in Königsberg i. Pr.

Die Wolle verschiedener Metalle, über deren Verwendung im chemischen Unterricht O. OHMANN in dieser Zeitschr. *XXV*, S. 26, *XXVI*, S. 155 und 365 berichtet hat, eignet sich gut im Schülerpraktikum zur mikrochemischen Erzeugung von „Metallbäumen“, zur Aufstellung einer Fällungsreihe (Spannungsreihe) der Metalle und zur Herstellung von galvanischen Mikroketten. Da der Stoffverbrauch gering ist, so bereitet man sich die nötigen Metallsalzlösungen in kleinen Flaschen von etwa 30–50 ccm Inhalt, die durch Korke verschlossen werden. Zum Herausnehmen der Lösungen und Hinzufügen des etwa notwendig werdenden Wassers werden Pipetten bereitgestellt, die man aus etwa 13 cm langen, an einem Ende zugespitzten Glasröhren, kurzen Schlauchstücken und Glasstäbchen anfertigt. Jeder Schüler erhält etwa 2 Traggläser und verhältnismäßig dicke Deckgläser. Zweckmäßig sind aus dünnem Glase geschnittene Deckgläser (z. B. vom Lotto-Spiel). Die Wolle von 10 g Magnesium, 30 g Aluminium, 100 g Zink, 50 g Stahl, 50 g Blei, 25 g Kupfer und 5 g Silber, die man nach Ohmanns Vorschläge z. B. von Dr. Rob. Muencke, Berlin N 4, Chausseestraße 58, bezieht und in recht weithalsigen Flaschen oder kleinen Blechbüchsen aufbewahrt, genügt für viele Jahre. Außerdem sind zwei oder mehr Mikroskope mit 50- und 100facher Vergrößerung nötig; oft genügt eine Lupe. Steht ein Mikroprojektionsapparat zur Verfügung, so können viele Versuche auch einer großen Klasse schnell vorgeführt werden.

Der Kürze wegen wird im nachstehenden die Konzentration der Lösungen meistens in der Weise bezeichnet, daß rechts von der Ionenformel in eine Klammer das betreffende Zahlenverhältnis geschrieben wird, wobei die erste Zahl sich auf das kristallisierte Metallsalz bezieht. Ist eine gesättigte Lösung gemeint, so wird in die Klammer „gesätt.“ geschrieben.

I. Erzeugung von Metallbäumen.

Die Erzeugung der Metallbäume soll nicht Endzweck sein, sondern es wird gleichzeitig gezeigt, daß von den Metallen Magnesium, Zink, Blei, Kupfer und Silber ein beliebiges aus seiner Lösung durch ein linksstehendes ausgefällt wird, daß also die genannten Metalle in richtiger Reihenfolge als Glieder der elektrischen Spannungsreihe vorkommen.

1. Ausscheidung von Silber. Auf ein Tragglas bringt man mittels einer Pipette einen Tropfen $AgNO_3'$ (1:100) oder auch $2\frac{1}{2}$:100, legt darin einen Kupferfaden von etwa 2 cm Länge, bedeckt schnell mit einem Deckglase und verfolgt unter dem Mikroskop, wie an beiden Seiten des Metallfadens an vielen Stellen zierliche Silberbäumchen entstehen, und wie sie nicht am Grunde, sondern an der Spitze wachsen, auf welchem letzteren Umstand auch bei andern Versuchen zu achten ist. Außerdem entsteht Kupfernitrat; denn wenn man die Lösung von $\frac{1}{2}$ g Silber in 10 ccm Wasser tüchtig mit einem Überschuß von Kupferpulver (etwa 0,25 g) schüttelt und filtriert, so erhält man eine blaue Lösung, welche keine Spur von Silbernitrat, sondern Kupfernitrat enthält. Die Reaktionsgleichung lautet daher: $Cu + 2 AgNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2 Ag \downarrow$.

Mischt man dagegen Silbernitratpulver mit Kupferpulver auf Papier, so findet keine Reaktion statt; sie tritt erst auf Zusatz von Wasser ein, dessen Rolle man unter Anwendung der Ionenhypothese erläutert. Die festen Silbernitratmoleküle gehen in

gelöste über, letztere zerfallen bis zu einem bestimmten Grade, der von der Menge des zugesetzten Wassers abhängt, in Silber- und Nitrat-Ionen: $2 Ag NO_3$ (fest) = $2 Ag NO_3$ (gelöst) = $2 Ag^+ + 2 NO_3^-$. Da die Vorgänge umkehrbar sind, so kann man statt der Gleichheitszeichen Doppelpfeile anwenden. Je ein Kupferatom nimmt nun je 2 Silberionen die elektrische Ladung fort und verwandelt sich in Kupferion, während sich elementares Silber ausscheidet: $Cu + 2 Ag^+ = Cu^{++} + 2 Ag$. Die verbrauchten Silberionen werden dadurch nachgeliefert, daß noch vorhandene Silbernitratmoleküle in Ionen zerfallen, und der zweite Vorgang beginnt von neuem. Die beiden Vorgänge wiederholen sich, bis sämtliche Silbernitratmoleküle den Ionenzustand durchlaufen haben und verbraucht sind, was bei genügender Kupfermenge eintritt. Ist der Begriff des Gleichgewichts bekannt, so wird er bei der Erklärung angewandt.¹

Unter Benutzung der Elektronenhypothese, nach welcher jedes Atom in seiner Mitte einen positiv geladenen Kern und um diesen sehr kleine, bewegliche, negativ geladene Teilchen, Elektronen, in solcher Zahl besitzt, daß das Ganze unelektrisch erscheint, müßte die Erläuterung der Ionenreaktion Kupfer-Silbernitrat so lauten: Die Dissoziation des gelösten Silbernitratmoleküls geht in der Weise vor sich, daß das Silberatom sich vom Nitratradikal trennt und dabei sofort vom Silberatom ein Elektron abspringt und sich dem Nitratradikal anlagert, wodurch ein positiv geladenes Silber- und ein negativ geladenes Nitrat-Ion entstehen: $Ag NO_3 = Ag^+ + NO_3^-$, $Ag = Ag^+ + e^-$ und $e^- + NO_3 = NO_3^-$. Durch Addition dieser 3 Gleichungen entsteht: $Ag NO_3 = Ag^+ + NO_3^-$. Beim Aufeinanderwirken von Kupfer auf Silberionen springen nun vom Kupferatom 2 Elektronen ab, und jedes verbindet sich mit einem Silberion, so daß ein Kupferion und 2 Silberatome entstehen: $Cu = Cu^{++} + 2 e^-$ und $2 e^- + 2 Ag^+ = 2 Ag$.

Will man das teure Silbernitrat sparen, so erläutert man später die betreffenden Vorgänge beim Versuch mit Kupfervitriolpulver und Zinkstaub. Endlich überzeugt man sich, daß die Reaktion nicht umkehrbar ist, daß also das Kupfer aus Kupfernitratlösung durch einen Silberfaden nicht ausgefällt wird. Das Kupfer muß also in der Spannungsreihe links vom Silber stehen.

Daß das gleiche auch für die übrigen Metalle *Pb*, *Zn* und *Mg* gilt, davon überzeugt man sich durch ähnliche Versuche. Statt der Silbernitratlösung kann man auch gesättigte Silbersulfatlösung (0,55 : 100) verwenden; bei der Einwirkung von *Mg* tritt jedoch lebhaftere Wasserstoffentwicklung auf.

2. Ausscheidung von Kupfer. Will man Kupfer aus seiner Lösung durch Blei abscheiden, so benutzt man $Cu^{++} (NO_3)_2$ (1 : 40). In stärkeren Lösungen wie 1 : 10 oder 1 : 20 geschieht die Ausfällung schneller und ist größer, jedoch löst sich der dünne Bleifaden unter Gasentwicklung bald auf. In diesem Falle verwendet man einen dünnen Bleispan, den man mit der Schere aus reinem oder gewöhnlichem Bleiblech ausschneidet. Man erhält kurze, verzweigte Massen, die wie niedrige Sträucher aussehen. Oder man läßt einen Bleifaden auf $Cu^{++} Cl_2$ (1 : 30) wirken, wobei man nach etwa 15 Minuten zwar nur kurze, aber bei auffallendem Lichte metallischrote Kupferteilchen beobachtet. In derselben Lösung erzeugt ein Zinkfaden schöne Bäumchen. Oder man bringt letzteren in fast gesättigte oder verdünnte (1 : 20) Kupfersulfatlösung. Nicht zu empfehlen ist Kupfernitratlösung, da sich lebhaft Gasblasen entwickeln, welche viele Kupferbäumchen losreißen. Durch einen makroskopischen Versuch mit gesättigter $Cu^{++} SO_4$ und Zinkstaub überzeugt man sich von der Wärmeentwicklung und von der Entfärbung. Die kleine Kochflasche, in der man etwa 40 ccm Lösung mit einem Überschuß von Zinkstaub schüttelt, fühlt sich warm an, und ein hineingetauchtes Thermometer zeigt eine Temperaturerhöhung von etwa 40° an; beim Filtrieren läuft eine farblose Lösung von Zinksulfat ab. Durch Blei und namentlich durch Zink läßt sich Kupfer aus der Lösung des leicht darstellbaren, weißen Kupferchlorürs in konz. Salzsäure ausfällen. Zur Ausfällung des Kupfer-

baums durch Magnesium benutzt man $Cu \cdot (NO_3)_2$ (1 : 10) oder besser weingeistige Kupfernitratlösung; im letzteren Falle tritt kaum Gasentwicklung ein.

3. Ausscheidung von Blei und Zink. Prächtige, schließlich mit bloßem Auge sichtbare Bleibäume entstehen bei der Einwirkung eines Zink- oder Magnesiumfadens auf $Pb \cdot (NO_3)_2$ (1 : 100). Ein Zinkfaden wirkt ebensogut auch auf Bleiazetat- oder gesättigte Bleichloridlösung. Die Wärmeentwicklung bei der Einwirkung von Zink auf Bleinitratlösung ist eine beträchtliche; denn wenn man in einer kleinen Kochflasche etwa 40 ccm gesättigtes Bleinitrat mit Zinkstaub schüttelt, kocht ein Teil der Flüssigkeit heraus.

Endlich legt man einen Magnesiumfaden in $Zn \cdot SO_4$ (1 : 10); viele der kleinen Zinkbäume werden von den sich entwickelnden Wasserstoffblasen losgerissen. Die Gasentwicklung ist geringer, wenn man zu einem kleinen Tropfen der Zinksulfatlösung doppelt soviel Weingeist zusetzt. Es scheiden sich dabei lange Nadeln von Zinksulfat aus, die man nachher durch zugesetztes Wasser löst.

Selbstverständlich wird man im Schülerpraktikum nicht alle mikrochemischen Versuche ausführen lassen. Wichtig sind 1. $2 Ag \cdot NO_3$ (1 : 100) + Cu . 2. $Cu \cdot (NO_3)_2$ (1 : 10) + Pb . 3. $Pb \cdot (NO_3)_2$ (1 : 100) oder $Pb \cdot Cl_2$ (gesätt.) + Zn und 4. $Zn \cdot SO_4$ (1 : 10) + Mg . Von den übrigen Versuchen ist eine geeignete Auswahl zu treffen.

4. Man kann nun die Reihe der bisher genannten Metalle erweitern und ermitteln, welche Stellung Quecksilber, Kadmium und Wismut haben.

In einen Tropfen einer stärkeren $Ag \cdot NO_3$ (1 : 10) bringt man mittels einer Pipette einen kleinen Tropfen Quecksilber und bedeckt mit einem Deckglas. Es entstehen Silberbäume und außerdem Drusen von Nadeln. Durch einen makrochemischen Versuch überzeugt man sich, daß die Lösung Merkuronitrat $Hg \cdot NO_3$ enthält. In einer kleinen Kochflasche schüttelt man eine Lösung von 1 g Silbernitrat mit 3 g Quecksilber, wobei sich alles Silber als dunkle Masse ausscheidet. Fügt man noch 1 g Quecksilber hinzu und schüttelt, so bildet das Quecksilber mit dem größten Teil des ausgeschiedenen Silbers festes Silberamalgam in Form einer Kugel, die gewaschen und zu mikrochemischen Versuchen aufgehoben wird. Das Filtrat zeigt die Reaktionen des Merkuronitrats. Das Silberamalgam eignet sich sehr gut zur Abscheidung von Silberbäumchen aus der schwächeren $Ag \cdot NO_3$ ($2\frac{1}{2}$: 100). Auf ein Tragglas bringt man ein Körnchen des Silberamalgams, drückt es mittels des Stiels eines Hornlöffels breit und fügt einen Tropfen von $Ag \cdot NO_3$ ($2\frac{1}{2}$: 100) hinzu, worauf schöne Silberbäume sich bilden. Durch einen mikro- oder makrochemischen Versuch mit Sublimatlösung oder Merkuronitrat ($2\frac{1}{2}$: 100) und Kupfer überzeugt man sich, daß Quecksilber rechts vom Kupfer steht.

Durch die Einwirkung eines Zinkfadens auf $Cd \cdot SO_4$ (1 : 10) entstehen ausgezeichnete Kadmiumbäume, während durch Kadmium aus $Pb \cdot Cl_2$ (gesätt.) oder Bleinitratlösung Bleibäume erzeugt werden. Da Kadmiumwolle nicht in den Handel kommt, schneidet man mittels einer Schere aus Kadmiumblech (Kahlbaum) dünne Späne.

Wismut steht links vom Kupfer; denn bringt man in einen Tropfen gesättigter Kupfernitratlösung ein Körnchen Wismut oder makroskopisch einen Tropfen Lösung auf eine Wismutplatte, so bildet sich unter Gasentwicklung ein roter Überzug von Kupfer. Aus Merkuronitrat- und verdünnter Silbernitratlösung (1 : 100) werden durch ein Wismutkorn die Metalle Quecksilber und Silber, letzteres in Baumform, ausgefällt. Andererseits wird aus Wismutnitratlösung durch einen Blei- und Zinkfaden das Metall Wismut in schönen Bäumen ausgeschieden.

Mithin lautet die erweiterte Fällungsreihe: $Mg, Zn, Cd, Pb, Bi, Cu, Hg, Ag$.

5. Daß das Zinn links vom Blei steht, läßt sich auf mikro- oder makrochemischem Wege nicht ermitteln. Man kann nur zeigen, daß das Zinn links vom Kupfer steht. Aus $Cu \cdot Cl_2$ (1 : 10) werden durch einen Zinnfaden schöne Kupferbäume abgeschieden;

außerdem entstehen, namentlich wenn die Lösung konzentrierter ist, kleine Tetraeder von Kupferchlorür, die sich durch das Aufeinanderwirken des eben abgeschiedenen Kupfers auf die überschüssige Kupferchloridlösung nach der Gleichung $Cu + CuCl_2 = 2CuCl$ bilden. Denn bringt man in einen Tropfen $Cu \cdot Cl_2''$ (4:7) gefälltes Kupferpulver, bedeckt mit einem Deckglas und setzt nach kurzer Zeit Wasser hinzu, so treten die kleinen Tetraeder von Kupferchlorür auf. Dieselben Tetraeder beobachtet man auch neben Kupferbäumchen und Wasserstoffblasen, wenn man einen Aluminiumfaden auf starke Kupferchloridlösung wirken läßt und Wasser zusetzt. Bei der Einwirkung eines Zinnfadens auf Kupferchloridlösung entsteht neben Kupfer das Zinnchlorür $SnCl_2$; denn schüttelt man eine Lösung von 2 g Kupferchlorid in 20 ccm Wasser einige Zeit mit 2 g Zinnwolle oder feinen Zinnspänen, die man durch Schaben eines „gereinigten“ Zinnstabes mit einem Messer erhält, und filtriert, so läßt sich im Filtrat Zinnchlorür nachweisen. Durch einen Zinnfaden werden aus $Ag \cdot NO_3'$ ($2\frac{1}{2}:100$) oder $Ag_2 \cdot SO_4''$ (gesätt.) prächtige Silberbäume ausgeschieden. Im ersteren Falle entsteht außerdem Stannitrat $Sn(NO_3)_2$ -Lösung. Man erhält sie, wenn man eine Lösung von 2 g Silbernitrat in 20 ccm Wasser mit zerzupfter Zinnwolle schüttelt, kühlt und filtriert. In der klaren Lösung lassen sich Stanno- und Nitrationen nachweisen. Eine schwächere Silberlösung zu benutzen, ist nicht ratsam, da sonst die Flüssigkeit trübe durch das Filter läuft. Zinn steht rechts vom Kadmium, da durch einen Kadmiumspan das erstere aus $Sn \cdot Cl_2''$, $Sn \cdot SO_4''$ (1:5) und Zinnchloridlösung (1:5) in Baumform ausgefällt wird. In prächtigen Bäumchen wird das Zinn aus seinen Lösungen durch einen Zinkfaden ausgeschieden. In diesem Falle läßt sich ebenso wie bei der Erzeugung des Bleibaums beobachten, daß die Seitenäste senkrecht auf dem Hauptast stehen.

6. Vom Aluminium läßt sich nur nachweisen, daß es links vom Zink steht. Der gewöhnliche (passive) Aluminiumfaden wirkt nicht auf Zinkchloridlösung und muß zuerst „aktiv“ gemacht werden. In Sublimatlösung ($2\frac{1}{2}:100$), die sich in einem Uhrglase befindet, taucht man für 10 bis 15 Sekunden den Aluminiumfaden, spült ihn in Wasser, das sich in einem zweiten Uhrglase befindet, ab und bringt ihn in starke $Zn \cdot Cl_2''$ (3:5). Am „aktiven“ Ende des Aluminiumfadens entwickeln sich lebhaft Wasserstoffblasen, und seitlich davon entstehen bald zierliche, kürzere oder längere Bäumchen von Zink. Wenn die Wasserstoffentwicklung nachläßt, beobachtet man auch zwischen den noch anhaftenden Gasblasen Klümpchen von Zink, die man auch bei auffallendem Licht wahrnimmt. Aus Alaunlösung scheint Aluminium durch einen Magnesiumfaden nicht ausgefällt zu werden. Bemerkenswert ist, daß aus $AgNO_3$ -Lösung durch einen aktiven Aluminiumfaden unter Wasserstoffentwicklung Silberbäume gefällt werden und außerdem Aluminiumnitrat entsteht. Nachdem man 1 g Silbernitrat in 20 ccm Wasser gelöst hat, bringt man 0,15 g Aluminiumwolle für 50 Sekunden in Sublimatlösung, wäscht sie sorgfältig mit Wasser aus und fügt sie der Silbernitratlösung hinzu. Nach fleißigem Schütteln gießt man auf ein Filter. Das trübe Filtrat hellt sich beim Kochen auf und liefert beim Filtrieren eine klare Lösung, aus der durch Ammoniak kleisterartiges Aluminiumhydroxyd gefällt wird.

7. Eisen läßt sich aus $Fe \cdot Cl_2''$ (3:10) nur durch einen aktiven Aluminiumfaden (10 bis 15 Sekunden in Sublimatlösung) in kleinen Klümpchen unter lebhafter Gasentwicklung ausfällen.

Kobalt wird aus $Co \cdot Cl_2''$ (1:2) durch einen Zink-, einen passiven oder aktiven Aluminiumfaden unter Gasentwicklung in kurzen Warzen ausgefällt, die manchmal etwas gelappt sind. Bei starken Lösungen von Mangansulfat und Manganchlorür habe ich unter dem Mikroskop selbst bei Anwendung von aktivem Aluminium keine Fällung beobachtet, ebensowenig bei einer Lösung von Mangansulfat und Chromalaun bei Verwendung eines Magnesiumfadens.

II. Galvanische Mikroketten.

8. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Metallbäume, z. B. die Silberbäume, die bei der Einwirkung eines Kupferfadens auf Silbernitratlösung entstehen, an der Spitze wachsen und sich verzweigen. Nur anfangs findet ein reinchemischer Vorgang statt, den man durch die Reaktionsgleichung $Cu + 2 Ag NO_3 = Cu (NO_3)_2 + 2 Ag$ ausdrückt, und zu beiden Seiten des Kupferfadens scheidet sich an vielen Stellen eine Spur Silber in Form eines sehr kurzen Auswuchses aus, ebenso wie an einem chemischreinen Zinkstab, der in verdünnter Schwefelsäure hineingetaucht wird, viele sich nicht ablösende Wasserstoffblasen auftreten. Von nun an hört der reinchemische Vorgang auf, da sich Silber auf Silber ausscheidet. Der Auswuchs wird an der Spitze länger, bekommt die Form einer Nadel, an die sich seitlich oder ringsherum kleinere Nadeln anlagern. Es muß also ein besonderer Vorgang, ein elektrochemischer vorliegen: Der Kupferfaden und die kleinen Silberauswüchse bilden mit der Lösung eine kurzgeschlossene galvanische Kette, in der das ausgefällte Silber die Kathode bildet.

Die Verhältnisse werden noch klarer, wenn man sie im Lichte der Ionenhypothese betrachtet. Jedes Kupferatom, das in Reaktion tritt, nimmt 2 angrenzenden Silberionen ihre elektrische Ladung unmittelbar fort und geht als Kupferion in Lösung, während die Silberionen entladen werden und sich in elementares Silber verwandeln, das sich an verschiedenen Stellen des Kupferfadens ausscheidet. Darauf entzieht das Kupfer mittelbar den Silberionen ihre elektrische Ladung, nämlich solchen, die in nächster Nähe des ausgeschiedenen Silbers sind, indem letzteres die Leitung der positiven Elektrizität übernimmt. So wird verständlich, wie sich Silber auf Silber abscheidet, wie die Äste an der Spitze wachsen und sich verzweigen, wie unzählige positive Ströme durch die vielen Silberäste der wachsenden Silberbäume zum Kupferfaden fließen, wie Silber die Austrittsstelle des positiven Stroms, also Kathode, ist. Man vergleiche W. OSTWALD „Der Werdegang einer Wissenschaft“, 1908, S. 204, wo in einfacher Art die Entstehung des elektrischen Stroms in einem Daniell-Element erläutert wird.

9. Erwähnenswert sind noch Versuche mit einer gesättigten Lösung von schwerlöslichen Salzen, z. B. Bleichlorid, Bleijodid und Silbersulfat, in der noch einige kleine, feste Salzteilchen herumschwimmen. Wenn das betreffende Metall durch ein linksstehendes ausgefällt wird und ein Metallbaum feste Salzteilchen berührt, so verwandelt er sie mehr oder weniger schnell in dunkle, dichte Metallmassen. Eine geeignete Bleichloridlösung erhält man, wenn man etwas Bleichlorid mit Wasser kocht, heiß filtriert und das Filtrat stehen läßt, wobei kleinere und größere Nadeln herauskristallisieren. Legt man in einen Tropfen mit Nadeln einen Zinkfaden, so entstehen große Bleibäume, deren Äste bei der Berührung der Nadeln letztere in Blei verwandeln, und bisweilen sieht es aus, als ob der Bleibaum Früchte bekommen hätte. Bei 280facher Vergrößerung kann man beobachten, wie das Dunkelwerden der Nadel langsam fortschreitet. Der Versuch ist augenscheinlich so zu deuten, daß die gesättigte Lösung nach dem teilweisen Ausfällen des Bleis ungesättigt wird, da das entstehende Zinkchlorid sehr leicht löslich ist, und daß das verfügbare Wasser eine Bleichloridnadel in Lösung zu bringen beginnt, aus der sofort das Blei langsam durch einen Bleiast ausgefällt wird, indem der Zinkfaden und der Bleiast mit der Bleichloridlösung eine kurzgeschlossene, galvanische Kette bilden.

Eine brauchbare Bleichloridlösung kann man schneller in der Weise bereiten, daß man etwas käufliches Bleichloridpulver mit kaltem Wasser schüttelt und kurze Zeit stehen läßt; über dem sich absetzenden festen Salz befindet sich eine gesättigte Lösung, in der noch einige feste Salzteilchen schweben. Am zweckmäßigsten ist es, den Versuch in der Weise anzustellen, daß man über kleiner Flamme auf einem Tragglas einen Tropfen klarer, gesättigter Bleichloridlösung zur Trockne eindampft und

nach dem Abkühlen einen zweiten Tropfen der Lösung und einen Zinkfaden auf die feste Masse bringt. Ebenso verfährt man mit gesättigter Silbersulfatlösung.

10. Da sich beim Versuch mit Silbernitratlösung und einem Kupferfaden an den Ästen des Silberbaums nachweislich neues Silber ausscheidet, so muß sich Silber auch an einem Silberfaden absetzen, der in der Silbernitratlösung den Kupferfaden innig berührt, sich mit ihm kreuzt. Diese Vermutung läßt sich leicht durch folgenden Versuch als richtig erweisen. Auf ein Tragglas bringt man einen Tropfen $AgNO_3$ (1:100), darin zunächst einen Silberfaden und darauf einen Kupferfaden, der sich mit letzterem kreuzt. Man bedeckt nun schnell mit einem Deckglas und drückt für einige Sekunden mit dem Daumennagel auf das Deckglas, damit die Metallfäden sich berühren, oder man setzt besser auf letzteres einen kleinen, passenden Kork, den man mit einem flachen 20 Grammstück beschwert. Nach kurzer Zeit kann man Silberbäumchen auch am Silberfaden beobachten. Es liegt eine kurzgeschlossene galvanische Mikrokette $Cu | AgNO_3 (1:100) | Ag$ vor. Nimmt man statt des Kupferfadens einen Zinkfaden, so sind die Silberbäume am Silberfaden besonders prächtig, oft sogar höher als am Zinkfaden. Ist die Silberlösung etwas stärker, z. B. $2\frac{1}{2}:100$, so sind die Silberbäumchen am Silberfaden nicht so hoch und am besten in der Nähe der Kreuzungsstelle. Statt des Silberfadens kann man auch einen dünnen breitgeschlagenen Platindraht oder einen passiven Aluminiumfaden nehmen, von dem wir schon wissen, daß er für sich allein nicht auf Silbernitratlösung wirkt. Statt des Silbernitrats ist auch gesättigte Silbersulfatlösung brauchbar.

11. Solche kurzgeschlossenen Ketten kann man mit den verschiedensten Metallsalzen herstellen, indem man als Anode einen Metallfaden nimmt, der aus dem Metallsalz das Metall leicht ausfällt, und als Kathode das Metall des Salzes oder ein solches, das in der Spannungsreihe rechts von dem betreffenden Metall steht, oder ein solches linksstehendes Metall, das auf die Metallsalzlösung für sich allein nicht einwirkt. Hohe Bäumchen an der Kathode liefert $Zn | Cu \cdot Cl_2'' (1:30) | Cu$ oder noch besser $Zn | Cu \cdot Cl_2'' (1:30) | Ag$, ferner $Zn | Pb \cdot (NO_3)_2'' (1:100) | Pb$, noch besser $Zn | Pb \cdot (NO_3)_2'' (1:100) | Cu$ oder Ag . In der Kette letzterer Art kann als Kathode das Eisen oder passives Aluminium dienen, die beide auf Bleinitratlösung nicht wirken.

Mit Quecksilber als Anode in Silbernitratlösung verfährt man so, daß man in einen Tropfen $AgNO_3$ (1:10) mittels einer Pipette einen kleinen Tropfen Quecksilber und darin einen dünnen, breitgeschlagenen Platindraht bringt und mit einem Deckglase bedeckt und beschwert. Oder man breitet auf einem Tragglas ein Korn des selbstbereiteten Silberamalgams etwas aus, legt einen Silberfaden darauf, bringt einen Tropfen $AgNO_3$ ($2\frac{1}{2}:100$) hinauf usw.

12. Übersichtlicher wird die kurzgeschlossene Mikrokette, wenn man dafür sorgt, daß die Berührungsstelle der beiden Metallfäden außerhalb der Lösung liegt. Für diese Versuche verwendet man nicht gewöhnliche quadratische, sondern rechteckige Deckgläser von etwa $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ cm Länge und $1\frac{1}{2}$ cm Breite. Die beiden

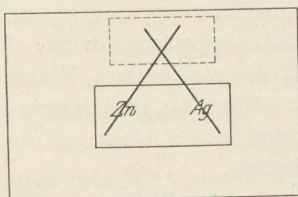


Fig. 1.

Metallfäden kann man in verschiedener Weise zu inniger Berührung bringen, z. B. einen Zink- und einen Silberfaden, von denen namentlich ersterer recht widerstandsfähig ist, durch Umschlingen und Zusammendrehen.

Für alle Fälle passend ist folgendes Verfahren (Fig. 1). Auf ein doppelt so breites Tragglas (eine Glasplatte von $7\frac{1}{2}$ cm Länge und 5 cm Breite) legt man einen etwa 3 cm langen Zinkfaden und einen ebensolangen Silberfaden so, daß sie sich nach vorne zu unter einem Winkel von etwa 60° schneiden, legt auf den Kreuzungspunkt eine niedrige, ebene Metallplatte (ich verwende Messing- oder Wismutplatten der Schulsammlung, die 2 bis 3 cm lang, 1,3 cm breit und 0,5 cm dick sind) und beschwert womöglich bis zur mikroskopischen

Beobachtung mit einem flachen 20 Grammstück. Nun bringt man zuerst auf den Silberfaden einen Tropfen $Ag \cdot NO_3'$ (1:100), dann einen auf den Zinkfaden und bedeckt schnell mit einem rechteckigen Deckglas, so daß sein vorderer Rand etwa 5 mm von der Metallplatte entfernt ist. Nötigenfalls fügt man noch so viel Lösung hinzu, daß keine große Luftblase unter dem Deckglase ist. In wenigen Augenblicken entstehen am Silberfaden zuerst Körner, dann kurze Stäbe, endlich schöne Silberbäume, die mit bloßem Auge erkennbar sind. Gutes Ergebnis liefern auch die Ketten $Zn | Cu \cdot Cl_2''$ (1:30) | Ag und $Zn | Pb \cdot (NO_3)_2''$ (1:100) | Pb oder Ag .

Die Anordnung der Elektroden kann auch so sein, daß sie parallel der langen ($3\frac{1}{2}$ cm) Seite des rechteckigen Deckglases sind und ihre Enden etwa 5 mm voneinander abstehen. Die Herstellung ist etwas mühevoller, die Schließung außerdem länger.

In vergrößertem Maßstabe kann man kurzgeschlossene Ketten (für die makroskopische Beobachtung) in folgender Art herstellen. Man schneidet aus $\frac{1}{2}$ mm dickem Zinkblech einen Streifen von 5 cm Länge und 1,4 cm Breite und einem ebensolchen aus $\frac{1}{10}$ mm dickem Silberblech und verbindet sie an einem Ende mittels einer elektrischen Klemmschraube für Bleche so, daß die Streifen einen sehr spitzen Winkel bilden. Diese Vorrichtung hängt man mittels der Seitenschraube auf den Rand eines Glasrohrs von 5 cm Länge und 1,8 cm Innenweite, das einen ebenen Boden besitzt und in das man vorher die nötige Menge (nicht zu hoch) Silbernitratlösung gegossen hat. Nach kurzer Zeit hat sich Silber an dem Silberstreifen ausgeschieden. Ähnlich konstruiert man die galvanischen Elemente $Zn | Cu \cdot Cl_2$ (1:30) | Ag (oder Cu) und $Zn | Pb \cdot (NO_3)_2''$ (1:100) | Cu .

Empfehlenswert ist es, mittels eines Galvanoskops (oder eines Voltmessers, der Zehntel und Hundertstel Volt anzeigt) das Vorhandensein und die Richtung des elektrischen Stroms zu demonstrieren. Als Elementglas dient ein kleiner Glaszrog. Gleichzeitig kann man hierbei auch die Metallausscheidung nach kurzer Zeit beobachten.

13. Interessant ist, daß man auf einem breiten Tragglass mittels einer Mikrokette, z. B. $Zn | Cu \cdot Cl_2'' | Cu$ bzw. Ag oder $Zn | Ag \cdot NO_3' | Ag$ in einer ebenso gebauten Zersetzungszelle unter Anwendung von Silberelektroden Silbernitratlösung elektrolysieren kann. Zu allen Versuchen dieser Art kann man Fäden der Kupfer- bzw. Silberwolle benutzen. Da sie aber etwas sperrig sind, so ist das Arbeiten mit ihnen nicht bequem. Es ist zweckmäßiger, sich hierzu breite Silberfäden aus 0,2 mm dickem Silberdraht (Kahlbaum) herzustellen, indem man Drahtstücke von $3\frac{1}{2}$, 4 und 5 cm Länge auf blankem Amboß bis zu einer Breite von etwa 0,7 mm ausschlägt. Ebenso verfährt man mit den dünnen Kupferdrähten einer alten elektrischen Litze. Geeignete Silber- und Kupferfäden kann man auch aus $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ mm dickem Blech gewinnen. Aus der Zinkwolle (Kahlbaum) sucht man vorher die breitesten (fast 1 mm) Fäden aus. An den Fäden läuft jedoch die Lösung leicht weiter; um dies zu verhüten, bringt man an geeigneter Stelle eines jeden Fadens einen über das Tragglass etwa 2–3 mm sich erhebenden Bogen an („Bügel-faden“). Den Versuch stellt man in folgender Art an (Fig. 2): Auf ein breites Tragglass ($7\frac{1}{2}$ cm:6 cm) legt man links einen breiten Zink- und rechts einen Silberfaden so, daß sie sich vorne unter einem Winkel von etwa 70° schneiden, und beschwert die Kreuzungsstelle mit einer ebenen Metallplatte. Einen zweiten etwas kürzeren Silberfaden legt man hinten (d. h. dem Beobachter genähert) so, daß seine Enden von denen der beiden anderen je 3–5 mm entfernt sind. Zuerst bringt man rechts da, wo die Enden der Silberfäden sind, mittels einer Pipette $Ag \cdot NO_3'$ (1:100) und bedeckt mit einem rechteckigen Deckglas ($2\frac{1}{2}$ cm:1 $\frac{1}{2}$ cm). Dann bringt man links mittels einer zweiten Pipette $Cu \cdot Cl_2''$ (1:30)

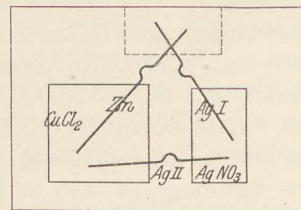


Fig. 2.

auf das Ende des zweiten Silber- und des Zinkfadens und bedeckt schnell mit einem quadratischen Deckglas ($2\frac{1}{2} : 2\frac{1}{2}$ cm). Es ist zweckmäßig, zuerst zu wenig Lösung hinaufzutropfen und nach dem Bedecken von außen je einen Tropfen zuzusetzen; man muß vermeiden, daß die beiden Lösungen hervorquellen. Die linke Vorrichtung ist das galvanische Element $Zn | Cu \cdot Cl_2'' | Ag$, die rechte ist die Zersetzungszelle mit dem Elektrolyten Silbernitratlösung und Silberelektroden. Der positive Strom fließt von der Kette durch den zweiten Silberfaden nach der Zersetzungszelle, darauf durch den ersten Silberfaden (Kathode) und den Zinkfaden zur Kette. Im Augenblick bedeckt sich die Kathode der Zersetzungszelle mit ausgeschiedenem Silber, das nach wenigen Minuten kleine Bäumchen, schließlich am Ende der Kathode lange, mit bloßem Auge sichtbare, an der Spitze wachsende Bäume bildet. Sowie die Äste sich der Silberanode nähern, werden die Enden breiter. Manchmal

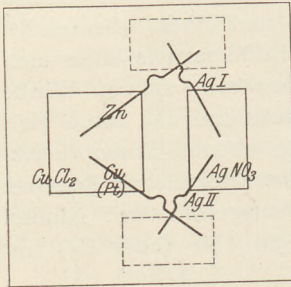


Fig. 3.

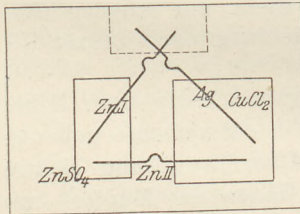


Fig. 4.

sind einige Bäume so dicht, daß sie dem unbewaffneten Auge wie kleine glänzende Plättchen erscheinen. Daß sich in der Kette am Zinkfaden sogleich Kupferbäume und sehr bald kleine Kupferbäume am linken Ende des kurzen Silberfadens (Kathode der Kette) erscheinen, braucht wohl kaum erwähnt zu werden.

Für die Kette eignet sich $Cu \cdot SO_4''$ (1:20) nicht so gut; am Zinkfaden treten neben den Kupferbäumchen größere Gasblasen auf, während an der Silberkathode der Kette nur rotglänzende Kupferkristalle, jedoch keine Bäumchen entstehen. In der Zersetzungszelle treten an der Kathode wie vorher schöne Silberbäume

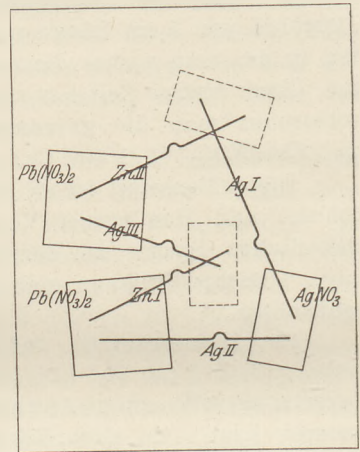


Fig. 5.

auf. In der Zersetzungszelle kann $Ag \cdot NO_3'$ durch gesättigte $Ag_2 \cdot SO_4''$ ersetzt werden.

Will man Silbernitratlösung durch die Kette $Zn | Cu \cdot Cl_2'' | Cu$ (oder besser Pt) elektrolysieren, muß man ein größeres Tragglas ($7\frac{1}{2} : 7\frac{1}{2}$ cm) verwenden und die Anordnung so treffen, wie die Fig. 3 ergibt.

Gute, mit bloßem Auge sichtbare Zinkbäume erhält man durch die Kette $Zn | Cu \cdot Cl_2'' | Ag$ bei der Elektrolyse von $Zn \cdot SO_4''$ (1:30), wobei man Zinkelektroden verwenden muß. Fig. 4 ergibt die Anordnung, bei der nun links die Zersetzungszelle und rechts die Kette ist. Die Zinkbäume entstehen am linken Ende des zweiten Zinkfadens (Kathode).

Läßt man die Kette $Zn | Pb \cdot (NO_3)_2$ (1:100) $| Ag$ auf verd. Silbernitratlösung wirken, so entstehen sogleich Silberkristalle, später Drusen, jedoch keine Bäumchen. Die Ordnung ist wie in Fig. 2. Schneller erfolgt die Elektrolyse, wenn man zwei hintereinandergeschaltete Ketten auf einer größeren Glasplatte (12 cm : 9 cm) zusammenstellt. Die Anordnung erläutert Fig. 5.

Man kann auch den Voltaschen Becher nachahmen und durch die Kette $Zn | H_2 \cdot SO_4''$ (1:8) $| Ag$ verd. Silbernitratlösung elektrolysieren, wobei kleine Silberbäume und Kristalle entstehen. Die Anordnung ist wie in Fig. 2.

Dieselbe Anordnung verwendet man, wenn man durch die Kette $Zn | K \cdot NO_3'$ (1:5) $| Ag$ die verd. $Ag \cdot NO_3'$ (1:100) elektrolysiert. Nach 10 Minuten entstehen einige Silber-

kristalle, nach 20 bzw. 30 Minuten haben sich eigentümliche Formen (Platten und Stäbe) gebildet.

Die Kette $Zn | Zn \cdot SO_4'' (1 : 2 | Ag$ wirkt zu langsam; man muß zwei hintereinander schalten (Anordnung wie in Fig. 5). Es entstehen sogleich kleine Kristalle, nach 15 Minuten Drusen, die aus Platten usw. bestehen.

Ferner kann man auch verdünnte Schwefelsäure (1 : 8) unter Anwendung von Platinelektroden durch drei hintereinandergeschaltete Ketten $Zn | Cu \cdot Cl_2'' | Ag$ elektrolysieren, so daß an beiden Elektroden lebhaft Gasblasen entstehen. Die Zusammenstellung, die so ähnlich wie in Fig. 5 ist, geschieht auf einer quadratischen Glasplatte von 12 cm Seitenlänge. Dies sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

14. Endlich lassen sich mittels der Metallfäden unter dem Mikroskop Konzentrationsketten herstellen. Als Elektrolyte eignen sich gesättigte Lösungen solcher Metallsalze, die sehr leicht löslich sind, wie z. B. Zinkchlorid und Zinnchlorür, allenfalls auch Kupfer- und Silbernitrat. Auf ein gewöhnliches Tragglas bringt man einen breiteren Zinkfaden von etwa $2\frac{1}{2}$ cm Länge und Wasser oder sehr verdünnte Zinkchloridlösung und bedeckt mit einem rechteckigen Deckglas (3 cm : $1\frac{1}{2}$ cm). Man sorgt dafür, daß fast keine Luftblase darunter ist, und zieht nötigenfalls einen Überschuß der Flüssigkeit mittels Fließpapier ab. Bringt man nun an die rechte Seite des Deckglases einen größeren Tropfen gesättigter Zinkchloridlösung, so diffundiert das Salz nach der linken Seite, und es scheidet sich an der rechten Seite des Zinkfadens (also im konzentrierten Abschnitt) nach wenigen Minuten das Zink in glänzenden, kurzen und dicken, manchmal etwas gelappten Formen aus.

Den Versuch kann man makroskopisch in einem weiten Probierrohr so anstellen, wie ihn R. LÜPKE für Zinnchlorür in den Grundzügen für Elektrochemie, 4. Aufl. 1903, S. 149 beschreibt. Nach mehreren Stunden oder besser nach Tagen hat sich die untere Hälfte des Zinkstabs (oder Blechstreifens), die sich in der konz. Lösung befindet, mit ausgeschiedenem Zink (jedoch nicht in Baumform) bedeckt, während die obere Hälfte des Zinkstabes einen Verlust erlitten hat. Man kann den mikrochemischen Versuch auch so anstellen, wie ihn die Fig. 6 erläutert; *a* enthält die

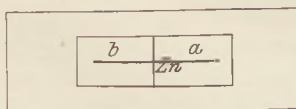


Fig. 6.

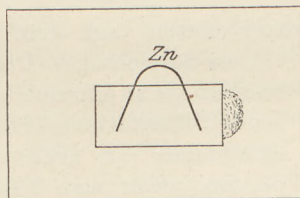


Fig. 7.

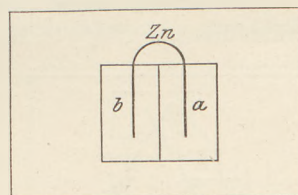


Fig. 8.

gesättigte und *b* die stark verdünnte Lösung oder Wasser. Die beiden Deckgläser (2 cm : $1\frac{1}{2}$ cm) schiebt man dicht aneinander. Nach wenigen Minuten sind rechts und links von der Grenzlinie kleinere und größere glänzende Kristalle entstanden, und sehr bald treten auch Zinkformen nach dem rechten Ende zu auf. Der Zinkfaden ist einerseits Kathode und Anode und andererseits Schließungsdraht, und der positive Strom fließt durch den Faden von dem konzentrierten nach dem verdünnten Abschnitt.

Übersichtlicher werden die Verhältnisse, wenn man den Zinkfaden in der Mitte biegt und dafür sorgt, daß der Bogen außerhalb der Flüssigkeit liegt. In Fig. 7 ist auf einem größeren Tragglass ($7\frac{1}{2} : 5$) unter dem Deckglas (3,3 : 1,6) ein gebogener Zinkfaden in sehr verd. Zinkchloridlösung oder Wasser; rechts ist ein Tropfen gesättigter Lösung. Am Ende und an der Außenseite der rechten Fadenhälfte entstehen sogleich glänzende Zinkkristalle, später findet man gelappte, dicke, beinahe baumartige Massen. Selbst nach einer Stunde ist an der linken Fadenhälfte kein

Zink ausgeschieden. Daß nach 100 Minuten auch da einige wenige Zinkkristalle am Ende entstehen, ist wohl zu verstehen. In Fig. 8 ist unter dem Deckglase a ($2\frac{1}{2}:1\frac{1}{2}$) gesätt. Lösung und unter b verd. Lösung. In a entstehen am Ende und zuerst am Innenrande bis nach dem Bogen hin Zinkkristalle, dagegen nicht in b .

Fig. 9 erläutert einen Versuch auf dem Tragglass ($7\frac{1}{2}:7\frac{1}{2}$) mit 2 Zinkfäden, die sich rechts berühren und links unter dem Deckglase etwa 5 mm entfernt sind. Darunter ist stark verd. Lösung oder Wasser, und an $Zn II$ ein Tropfen gesätt. Lösung.

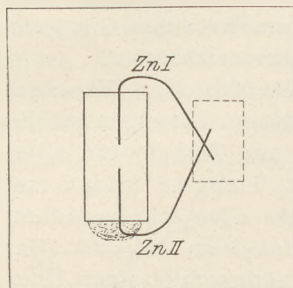


Fig. 9.

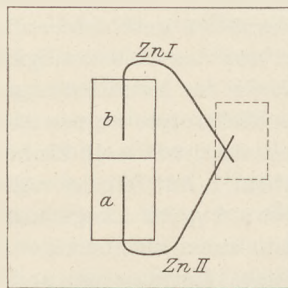


Fig. 10.

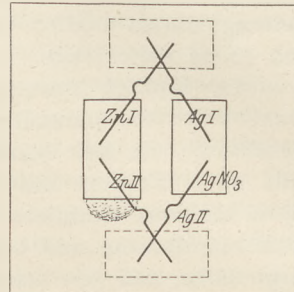
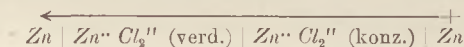


Fig. 11.

In Fig. 10 ist unter a ($2:1\frac{1}{2}$ cm) gesättigte und unter b stark verd. Lösung. Nach dem mikroskopischen Befunde fließt der positive Strom von dem konzentrierten Abschnitt durch den Schließungsdraht nach dem verdünnten. Um dies zu bestätigen, stellt man in einer senkrecht eingespannten Glasröhre von 15 cm Länge und 1,8 cm Innenweite einen Versuch an, wie ihn R. Lüpke S. 148 für Silbernitratlösung beschreibt. Statt des empfindlichen Galvanoskops kann man auch einen Voltmeter (von Ruhstrat) verwenden, der Hundertstel Volt anzeigt. Das Schema der Konzentrationskette ist demnach:



Selbst mit dieser schwachen Kette kann man unter Anwendung von Silberelektroden $Ag NO_3'$ (1:100) elektrolysieren (auf dem quadratischen Tragglass von $7\frac{1}{2}$ cm Seitenlänge). Die Anordnung ergibt die Fig. 11. Nach 15 bis 20 Minuten sind etwa 8 eigentümliche, glänzende Silberformen (Platten und Drusen aus Platten) entstanden. In größerer Zahl entstehen die Silberplatten, wenn man 2 Konzentrationsketten auf einer Glasplatte von 12 cm Länge und 9 cm Breite hintereinanderschaltet. Die Anordnung ergibt sich aus Fig. 12.

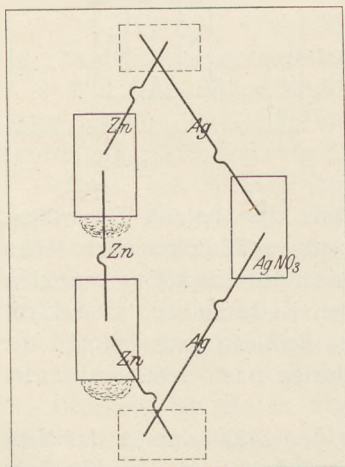


Fig. 12.

15. Noch in einer andern Art lassen sich Konzentrationsketten herstellen, in denen das Metall oft in Form zierlicher Bäumchen oder prächtiger, mit bloßem Auge sichtbarer Bäume ausgefällt wird. Auf ein gewöhnliches Tragglass bringt man einen etwa 2 cm langen Bleifaden, gesätt. $Pb \cdot Cl_2''$ und bedeckt mit einem schmalen (etwa $2\frac{1}{3}$ cm langen) Deckglas. Fügt man nun an das rechte Ende konz. Salzsäure hinzu, so entstehen etwas nach links neben Nadeln von Bleichlorid sofort prächtige Bleibäume, und die Metallausscheidung setzt sich nach links bis zum Ende, niemals nach rechts, fort. Verwendet man statt der Salzsäure gesätt. $Ca \cdot Cl_2''$ oder $K \cdot Cl'$, so bilden sich zierliche Bäumchen. Nach kurzer freundlicher Mitteilung von Prof. F. FÖRSTER-Dresden liegt die Konzentrationskette $Pb \mid Pb \cdot Cl_2'' \text{ (konz.)} \mid Pb \cdot Cl_2'' \text{ (verd.)} \mid Pb$ oder

kürzer $Pb \mid Pb^{..} \text{ (konz.)} \mid Pb^{..} \text{ (verd.)} \mid Pb$ vor. Denn durch den Zusatz von konz. Salzsäure zu der 'gesättigten Lösung wird im rechten Abschnitt die Anzahl der Chlorionen vermehrt und dadurch die der Bleiionen vermindert. Betrachten wir den Vorgang etwas genauer: In der gesätt. Bleichloridlösung bilden einerseits Bleichloridmoleküle und andererseits Blei- und Chlorionen ein Gleichgewicht, das man durch die Dissoziationsgleichung $Pb Cl_2 \rightleftharpoons Pb^{..} + 2 Cl'$ veranschaulichen kann. Nach einer Folgerung aus dem Massenwirkungsgesetz veranlaßt die Vermehrung der Chlorionen, die teils in der starken Säure enthalten sind, teils beim Vermischen der Säure mit dem Wasser der Metalllösung entstehen, eine Verminderung der Bleiionen, indem sich Bleiionen mit Chlorionen zu Bleichloridmolekülen vereinigen; da die Lösung an Bleichloridmolekülen gesättigt ist, so fallen solche in fester Form sofort aus [$Pb^{..} + 2 Cl' = Pb Cl_2 \text{ (gelöst)} = Pb Cl_2 \text{ (fest)}$]. So kommt es, daß, wie das obige Schema erläutert, der rechte Abschnitt in bezug auf Bleiionen verdünnter als der linke wird und eine Konzentrationskette entsteht. Wie schon der mikroskopische Befund ergibt, fließt der positive Strom im Bleifaden von links nach rechts, von dem konzentrierten durch den „Schließungsdraht“ nach dem verdünnten Abschnitt. Eine neue Bestätigung hierfür erhält man, wenn man die Kette zur Elektrolyse benutzt, die später kurz beschrieben wird.

In ähnlicher Weise wie vorher stellt man aus gesättigter $Ag_2^{..} SO_4^{..}$, einem Silberfaden und einem Tropfen konz. Schwefelsäure die Konzentrationskette $Ag \mid Ag' \text{ (konz.)} \mid Ag' \text{ (verd.)} \mid Ag$ her und erhält schnell schöne Silberbäume. Gute Zinnbäume kann man aus verdünnter Zinnchlorürlösung (1 g frische Zinnchlorürkristalle, 25 ccm Wasser und etwas verd. Salzsäure zum Klären), einem Zinnfaden und starker oder mäßig verd. Salzsäure gewinnen. In andern Fällen wird das Schwermetall nur in Kristallen, Stäben oder Platten ausgefällt, z. B. aus $Cu^{..} Cl_2^{..}$ (1:30), Cu-Faden und Salzsäure (1:0,7) oder aus $Ag' NO_3'$ (1:10), Ag-Faden und $Na' NO_3'$ (gesätt.) oder aus $Pb^{..} (NO_3)_2^{..}$ (1:10), Pb-Faden und $Na' NO_3'$ (gesätt.).

Diese Konzentrationsketten eignen sich zur Elektrolyse besser wie die vorher benutzte Zinkkette. Man schlägt einen etwa 12 cm langen Silberdraht von $\frac{2}{10}$ mm Dicke auf blankem Amboß mindestens im mittleren Drittel breit, schneidet in der Mitte durch und verfährt nach Fig. 13. Verwendet man Silberdraht von $\frac{1}{10}$ mm Dicke, ist das Breitschlagen unnötig. Die Herstellung der Kette und der Zersetzungszelle ist, wie man sieht, einfacher wie bei früheren Elektrolysen. Die Glasplatte ist ein Quadrat von $7\frac{1}{2}$ cm Seitenlänge, das linke Deckglas, unter dem sich $Ag_2^{..} SO_4^{..}$ (gesätt.) befindet, ist 3,3 cm lang, und das rechte Deckglas, unter dem $Ag' NO_3'$ (1:100) ist, ist kürzer. Damit die Flüssigkeiten nicht an den Metallfäden entlang laufen, sind Bügel an geeigneten Stellen angebracht. Die Elektroden der Zelle sind etwa 2 mm voneinander entfernt. Wenn Kette (links) und Zelle (rechts) hergerichtet sind, setzt man einen Tropfen konz. Schwefelsäure an das hintere (am Beobachter) Ende des linken Deckglases. Sogleich bedeckt sich das rechte Ende von $Ag II$ mit vielen körnigen Silberkristallen, ist also Kathode der Zersetzungszelle, und der positive Strom fließt von links durch $Ag I$, durch die Zelle nach $Ag II$. In ähnlicher Art kann man mit der Kette $Pb \mid Pb^{..} Cl_2^{..}$ (gesätt.) $\mid Pb^{..} Cl_2^{..}$ (gesätt. + Salzs.) $\mid Pb$ die gesättigte Bleichloridlösung elektrolysieren. Nach Zusatz von konz. Salzsäure zu einem Ende der Kette scheiden sich sogleich an der ganzen Kathode der Zelle kleine Bleiklumpen aus, und am Ende entsteht ein Baum, der langsam weiter wächst und eine beträchtliche Länge erreicht. Ebenso kann man mit der Kette $Sn \mid Sn^{..} Cl_2^{..}$ (1 g + 25 ccm H_2O + etwas Salzs.) $\mid Sn^{..} Cl_2^{..}$ (... + konz. Salzs.) $\mid Sn$ dieselbe verdünnte Zinnchlorürlösung

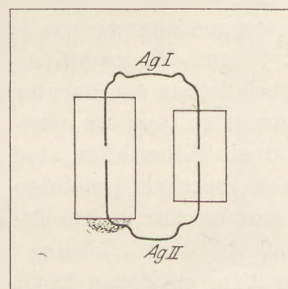


Fig. 13.

elektrolysieren. Es entstehen an der Kathode der Zelle Auswüchse, Stäbchen und am Ende einige kleine, schmale Bäumchen, die später gesägte, längliche Stäbe bilden.

16. Endlich kann man Konzentrationsketten der letzteren Art dadurch herstellen, daß man Metallionen in dem einen Abschnitt der Metalllösung durch Zusatz eines geeigneten Fällungsmittels in eine unelektrische, feste Verbindung verwandelt und so einen in bezug auf Metallionen verdünnten Abschnitt erhält.

An die rechte Seite des Deckglases, unter dem gesätt. $Ag_2 \cdot SO_4''$ und ein Silberfaden sich befinden, bringt man einen Tropfen verd. Salzsäure (z. B. 1 ccm : 2 ccm). Sogleich entstehen nach links zu prachtvolle, bald mit bloßem Auge sichtbare Silberbäume. Das allmähliche Trübwerden durch festes Chlorsilber stört die Beobachtung nicht. Statt Silbersulfat kann man auch $Ag \cdot NO_2'$ (1 : 100) verwenden. Die Salzsäure kann durch gesätt. $K \cdot Cl'$ oder $K_2 \cdot CO_3''$ ersetzt werden. Zu der rechten Seite des Deckglases, das gesätt. $Pb \cdot Cl_2''$ und einen Bleifaden bedeckt, setzt man konz. oder wenig verd. Schwefelsäure; nach links zu bilden sich kurze Bäumchen und längliche Stäbe mit Seitenästen. Verwendet man statt der Schwefelsäure gesätt. $K_2 \cdot CO_3''$, so entstehen zuerst kleine Bäumchen und andere Bleiformen, später am Ende sehr lange, zarte Bäume.

Ziemlich schnell entstehen Bleibäume, wenn man zu $Pb \cdot (NO_3)_2'' + Pb$ -Faden gesätt. $K \cdot J'$ hinzufügt; außer den gelben Bleijodidkristallen treten sehr lange Nadeln auf, deren Zusammensetzung mir unbekannt ist und die wahrscheinlich eine Vereinigung von 2 Molekülen sind. Benutzt man eine stärkere Bleinitratlösung (z. B. 1 : 10), so entstehen nur größere Bleikristalle.

Schöne Zinnbäumchen erzeugt man in sehr verd. Zinnchlorürlösung. Zu ihrer Herstellung löst man $\frac{1}{2}$ g frisch bereiteter Zinnchlorürkristalle, z. B. in 40 ccm Wasser und etwas Salzsäure, und setzt noch einen Bausch Zinnwolle hinzu, um sie haltbarer zu machen. Aus der Lösung, die auf einem Tragglass sich befindet und einen Zinnfaden enthält, fällt man die Zinnionen im rechten Abschnitt durch frische gesätt. $K \cdot J'$ aus. Nach wenigen Minuten bilden sich Zinnbäumchen; ihre Stämme und Nebenäste verbreitern sich zuerst am Ende (Grabgitterform), dann nach unten zu, und gleichen dann langen gesägten Stäben. In so verd. Lösung bemerkt man fast keine Zinnjodürtafeln, wie sie in stärkeren Lösungen auftreten, jedoch lange Nadeln von unbekannter Zusammensetzung wie beim Bleinitrat.

Aus der gesätt. $Ag_2 \cdot SO_4''$ kann man sowohl die Silber- als auch die Sulfationen durch Zusatz von Baryumchloridlösung entfernen ($Ag_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2 AgCl \downarrow$). Setzt man nun zu dem rechten Ende des Deckglases, unter dem gesätt. $Ag_2 \cdot SO_4''$ und ein Silberfaden sind, gesätt. oder mäßig verd. Baryumchloridlösung, so entstehen nach links zu prächtige, bald mit bloßem Auge sichtbare Silberbäume. Oder man bringt an das rechte Ende des Deckglases einen $BaCl_2$ -Kristall mit einer Spur Wasser. Statt der $BaCl_2$ -Lösung kann man auch starke $CaCl_2$ -Lösung verwenden. Wie vorauszusehen, entstehen keine Silberformen, wenn man gesätt. $Ba \cdot (NO_3)_2''$ zusetzt.

Die Silberkette, die man aus Silbersulfatlösung und Silberfäden durch Zusatz von Salzsäure (1 : 2) herstellt, kann man auch zur Elektrolyse von gesätt. $Ag_2 \cdot SO_4''$ benutzen. Die Anordnung veranschaulicht Fig. 13. Nach Zusatz von Salzsäure treten rechts an $Ag II$ sogleich kleine, glänzende Silberkristalle auf.

Auf die zuletzt genannten zwei Arten lassen sich Konzentrationsketten allenfalls auch aus Zinkchloridlösung erzeugen. Man verwendet $Zn \cdot Cl_2''$ (1 : 25 bis 40) oder eine etwas konzentriertere Lösung und vermindert die Anzahl der Zinkionen auf der rechten Seite des Deckglases durch Zusatz von gesätt. $K_2 \cdot CO_3''$. Es entstehen sehr kleine Zinkbäumchen oder klumpige Formen. Oder man verwendet $Zn \cdot Cl_2''$ (1 : 3) und setzt gesätt. $Ca \cdot Cl_2''$ oder $K \cdot Cl'$ hinzu; es scheiden sich Klumpen und sehr zarte Formen des Zinks aus.

Von Interesse ist es, in der gesättigten Lösung des schwer löslichen Bleichlorids oder Silbersulfats, die noch festes Salz enthält, eine Konzentrationskette zu erzeugen und zu verfolgen, wie das feste Metallsalz bei der Berührung mit einem Ast des Metallbaums sich in Metall verwandelt. Auf einem Tragglas dampft man einen kleinen Tropfen Bleichloridlösung ein, legt einen Bleifaden so, daß etwa in seiner Mitte der Kreis festen Salzes sich befindet, fügt gesätt. $Pb \cdot Cl_2$ hinzu und bedeckt mit einem schmalen Deckglas. Um eine Konzentrationskette zu erhalten, bringt man an die rechte Seite des Deckglases entweder konz. Salzsäure oder gesätt. $K \cdot J$. Man sieht, wie das dünne, feste Bleichlorid bei Berührung mit einem Ast des Bleibaums sich ziemlich schnell in Blei verwandelt. In ähnlicher Weise verfährt man mit gesätt. $Ag_2 \cdot SO_4$. Damit eine Konzentrationskette entsteht, setzt man entweder konz. Schwefelsäure oder konz. Salzsäure hinzu.

Demonstrationsluftthermometer und einige thermische Versuche aus Physik und Chemie.

Von

Prof. Dr. **W. Roth** in Greifswald.

In meinen Vorlesungen und Übungen hat mir seit Jahren ein einfaches Luftthermometer gute Dienste geleistet, das ein verbessertes altes Modell (Ciamician) darstellt. Vielleicht ist eine kurze Beschreibung und Angabe einiger (teilweise neuer) Aufgaben demonstrativer und messender Art, die sich mit dem Thermometer leicht ausführen lassen, von Nutzen.

Ein walzenförmiges Glasgefäß G (Fig. 1) trägt zum Aufspulen von Draht (für die Demonstration des Jouleschen Gesetzes) drei kleine Glasknöpfe; an das Gefäß ist ein zweimal rechtwinklig gebogenes, enges Rohr mit Schwanzhahn Sh angesetzt, das in seinem langen, senkrechten Schenkel zwei Sicherheitskugeln trägt. Die Öffnung taucht man in eine Farblösung und saugt mit Hilfe des Schwanzhahnes Sh so viel Flüssigkeit in die Kapillare, daß der Meniskus einen passenden Stand hat. Die durch die Temperaturänderungen im Thermometergefäß bedingten Bewegungen des Flüssigkeitsmeniskus liest man an einer zwischen den beiden Sicherheitskugeln befestigten, gut sichtbaren Skala S ab. $1^\circ C$ entspricht 3–4 cm (= ca. 7 Sk.-Tln.) Verschiebung. Infolge der Kapillarwirkung im Steigrohr erreicht jedoch das Instrument nicht die aus seinen Dimensionen errechnete Empfindlichkeit; aus demselben Grund sind alkoholische Farblösungen günstiger als wässrige. Das Steigrohr ist peinlich sauber zu halten.

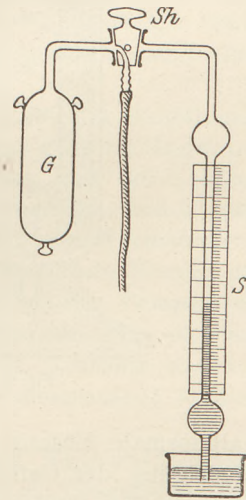


Fig. 1.

Das Instrument mit allem gläsernem Zubehör, Korken u. dgl. ist von der Firma Gundelach in Gehlberg (Thüringen) zu beziehen. Der Schwanzhahn erlaubt rasch und bequem auf ganz verschiedene Temperaturgebiete einzustellen. Vgl. Fig. 1.

Versuche.

1. Joulewärme. 60 bis 90 cm Konstantendraht von etwa 10 Ohm werden auf das Thermometergefäß gewickelt; die beiden oberen Knöpfe dienen zum Befestigen der (mit Klemmschrauben versehenen) Enden, der untere Knopf zum Wenden. Vgl. Fig. 2. Gefäß und Draht wird gut mit Watte umwickelt und in ein Becherglas, besser noch in einen Weinhold-Becher, gesteckt, so daß man ein vollständiges Kalorimeter von

großer Empfindlichkeit und geringem Wärmeaustausch mit der Umgebung hat. Als Stromquellen nimmt man nacheinander ein, zwei, drei Akkumulatoren; die beste Zeit des Stromschlusses muß man ausprobieren: bei einem Akkumulator muß ein deutlicher Ausschlag zu sehen sein, bei dreien darf die Erwärmung nicht so stark sein, daß ein merkbarer Wärmeverlust eintritt. Man arbeitet mit Stoppuhr und Morsetaster. Am besten schaltet man noch ein Demonstrationsgalvanometer in den Stromkreis. Die Ausschläge des Thermometers verhalten sich, ev. nach Anbringung einer kleinen, leicht zu bestimmenden Korrektur für den Wärmeverlust bei der größten Wattzahl, fast genau wie 1:4:9, die des Galvanometers wie 1:2:3. Kennt man die Empfindlichkeit und den inneren Widerstand des Galvanometers, so kann man den Drahtwiderstand berechnen lassen; hat man die Thermometerskala nach Celsiusgraden ausgewertet, so ist es lehrreich, den „Wasserwert“ des kleinen Kalorimeters berechnen zu lassen.

2. Kryoskopie. Ein Weinhold-Becher wird mit destilliertem Wasser und vielen kleinen Eisstücken beschiekt, ein Rührer und das Thermometergefäß ein-

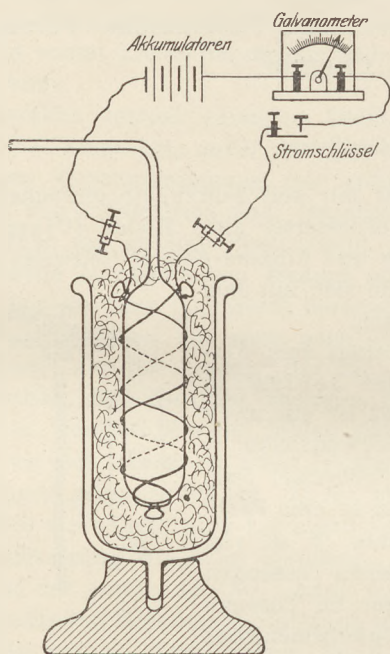


Fig. 2.

getaucht und letzteres auf das untere Ende der Skala eingestellt. Man wägt sich gleiche Mengen Harnstoff (Molgewicht 60; typischer Nichtelektrolyt) und Kochsalz (Molgewicht 58,5; typischer Elektrolyt) in Pulverform ab, so viel, daß etwa eine

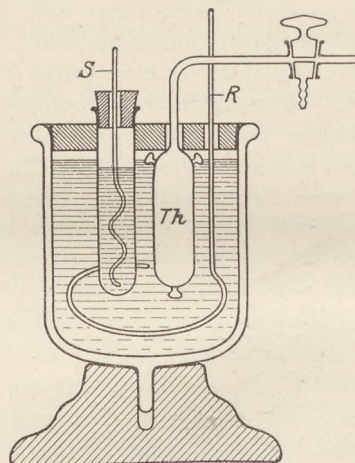


Fig. 3.

halbnormale Lösung entsteht, und wirft den Harnstoff in das Eiswasser. Die Erniedrigung des Gefrierpunktes wird nach gutem Umrühren bestimmt; alsdann gibt man in die Harnstofflösung die gleiche Menge Kochsalz; der Gefrierpunkt sinkt nach dem Umrühren fast um das Doppelte trotz der Gleichheit der angewandten Mengen und der Molgewichte. Mit einem einfachen elektrolytischen Trog (schmales Akkumulatorennglas mit zwei Zinkelektroden), einem Akkumulator und Demonstrationsgalvanometer zeigt man, daß die Harnstofflösung Nichtleiter ist, die Kochsalzlösung ein guter Leiter¹⁾.

3. Heßsches Gesetz der konstanten Wärmesummen. Zu diesem wichtigen Gesetz, das vor der Aufstellung des allgemeineren ersten Hauptsatzes gefunden wurde

¹⁾ Die Firma Gundelach-Gehlbarg führt ein besseres Modell dieses Troges, mit dem man den Begriff Äquivalentleitvermögen und den je nach der Leitfähigkeit verschiedenen großen Anstieg beim Verdünnen (Anstieg der Dissoziation mit wachsender Verdünnung) hübsch zeigen kann, ferner die verschiedene Beweglichkeit der Ionen. Näheres in Roth, Physikalisch-chemische Übungen, II. Aufl.

und von der Thermochemie unendlich oft angewendet wird, ist mir kein geeigneter Vorlesungsversuch bekannt. Folgender Versuch läßt sich mit dem Luftthermometer ziemlich rasch und sicher ausführen. Vgl. Fig. 3. Mit Hilfe eines in der Mitte durchgeschnittenen großen Korkens mit mehreren Bohrungen und eines Weinhold-Bechers von 200 bis 400 ccm Inhalt setzt man sich ein Kalorimeter zusammen, das einen Rührer *R*, das Luftthermometer *Th* und ein Reagensglas mit kleinem Schraubenrührer *S* enthält²⁾. Zu dem Versuch sind ferner nötig: zwei 5 ccm Pipetten, konz. *HCl* und konz. Ammoniak von möglichst demselben Titer und zwei gleichschwere, etwa 6 cm lange Enden Magnesiumband. a) In das Reagensglas pipettiert man 5 ccm Wasser, wirft ein Magnesiumband zerschnitten hinein und pipettiert tropfenweise 5 ccm *HCl* dazu; die Erwärmung entspricht der Verdünnungswärme der *HCl* und der Lösungswärme des *Mg*. Hat sich alles Metall gelöst, so pipettiert man 5 ccm Ammoniak hinzu (Neutralisationswärme). Bei gutem Umrühren innen und außen mit *R* und *S* zeigt das Thermometer *Th* rasch eine konstante Stellung. — b) Man beschickt das Kalorimeter mit einer neuen, gleichen Wassermenge von der alten Temperatur. In das Reagensglas läßt man 5 ccm Ammoniak fließen, gleich danach 5 ccm *HCl*. In das noch heiße Gemisch wirft man das zweite zerschnittene Magnesiumband (oder, wenn die Reaktion sehr schnell vor sich gehen soll, das gleiche Gewicht Magnesiumpulver, das für den vorigen Versuch zu stürmisch reagieren und zu Wärmeverlusten Anlaß geben würde). Das Metall löst sich in der Ammoniumchloridlösung zu einem Doppelsalz auf. Hat sich die Hauptmenge gelöst, und wird die Reaktion träger, so gibt man 5 ccm Wasser hinzu; es tritt intermediär eine Abkühlung auf, weil sich das auskristallisierte NH_4Cl unter Wärmebindung löst. Man rührt um, so daß der Rest *Mg* in Lösung geht. Die Gesamterwärmung ist die gleiche wie im vorigen Versuch, trotzdem sich andere Reaktionen abspielen und zwischendurch ein endothermer Umsatz stattfindet; die Ausgangsmaterialien und die Endprodukte sind eben die gleichen wie im vorigen Versuch.

4. Le Chateliersches Prinzip des kleinsten Zwanges, die sinnfälligste Folgerung des zweiten Hauptsatzes: in einem beweglichen System geht bei Änderung der äußeren Bedingungen die Reaktion in der Richtung vor sich, daß der „äußere Zwang“ vermindert wird; z. B. spielen sich bei hohen Temperaturen mehr endotherme Reaktionen ab. Ein in der Hitze löslicherer Körper löst sich unter Wärmebindung ein in der Hitze weniger löslicher unter Wärmeentwicklung; löst sich ein Körper mit geringer Wärmetönung, so ändert sich seine Löslichkeit wenig mit der Temperatur. Beispiele: KNO_3 , Glaubersalz oder Ammoniumchlorid für den ersten Fall, Kohlensäure oder Natriumsulfatanhydrid (oberhalb 33°) für den zweiten, Kochsalz, das sich bekanntlich nicht umkristallisieren läßt, für den dritten (Kalorimeternaufbau ähnlich wie bei 3).

Arbeitet man mit N_2O_5 -Anhydrid, so nimmt man einen Weinhold-Becher mit Wasser von etwa 35° , setzt außer Thermometer und Rührer ein Reagensglas hinein, damit das Salz die Kalorimetertemperatur annehmen kann; sonst verdeckt die spez. Wärme des Salzes (Mischungswärme) zum guten Teil die positive Lösungswärme. Bei der Lösung von CO_2 ist die Erwärmung etwas gering, etwa $0,2^\circ$, dafür läßt sich auf einem Wasserbade die Abnahme der Löslichkeit mit steigender Temperatur bequem zeigen³⁾.

²⁾ Fig. 3 zeigt die Stellung des Schwanzhahnes bei den Versuchen, nach Einstellung des Meniskus.

³⁾ Man läßt das Gas aus einem Rohr mit brausenförmiger Öffnung in raschem Strom durch das Kalorimeterwasser gehen, wäscht es aber vorher gut mit Wasser von gleicher Temperatur, damit es mit Wasserdampf gesättigt eintritt und nicht zu Verdampfung von Kalorimeterwasser Anlaß gibt; sonst würde die positive Lösungswärme zum guten Teil kompensiert werden.

Bei gleichmäßigem Gasstrom kann man den Lösungsvorgang approximativ kinetisch verfolgen: die Lösungsgeschwindigkeit ist proportional der Entfernung von der Sättigung, die Thermometer-

Daß das Luftthermometer jede Art von Wärmetönung (Neutralisations-, Verdampfungs-, Mischungs-, Hydratations-, Fällungs-, Schmelzwärme u. dgl.) leicht zu zeigen erlaubt, bedarf keiner weiteren Ausführung. Mir scheint es einfacher und übersichtlicher als die vielfach gebrauchten „Thermoskope“.

Kleine Mitteilungen.

Über eine neue Apparatur zur Demonstration kurzer elektrischer Wellen.

Von Dr. **Gotthelf Leimbach**, Göttingen.

Vor Jahresfrist habe ich in dieser Zeitschrift¹⁾ eine neue Demonstrationsapparatur für kurze elektrische Wellen beschrieben, an der ich inzwischen weitergearbeitet habe. Die Handhabung der Apparatur ist weiter vereinfacht und ich möchte nicht unterlassen, über die erzielten Fortschritte an dieser Stelle zu berichten.

Für die Apparatur war bisher hochgespannter Gleichstrom als besonders geeignet empfohlen worden, und zwar unter Angabe einer Erzeugungsmöglichkeit mit den üblichen Schulmitteln. Außerdem war die Verwendung elektrolytischer Widerstände in die Zuführungen zum Sender angeraten. Durch dieses Zubehör an Apparaten für die Erregung des Senders war die Apparatur für Unterrichtszwecke insofern noch wenig geeignet, als ihr Aufbau verhältnismäßig viel Zeit kostete.

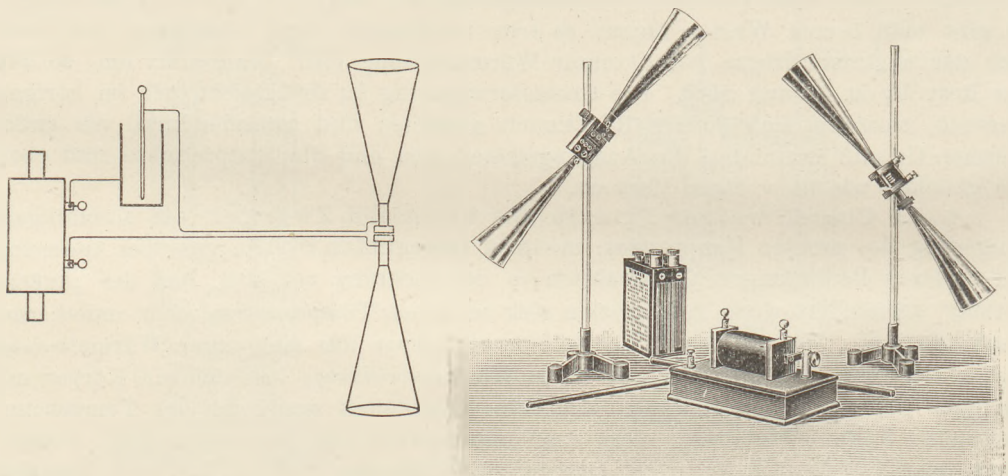


Fig. 1.

Fig. 2.

Die jetzt zur Erregung des Senders erforderlichen Teile sind nur noch ein kleiner Funkeninduktor, mit 4–6 Volt betrieben, und eine Leydener Flasche. Die Anordnung der Apparate zeigt schematisch Fig. 1.

Induktor, Leydener Flasche und Sender werden in Reihe geschaltet. Der wesentliche Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß der Induktor jetzt nicht mehr wie früher durch den Entladungsfunken im Sender zeitweilig kurz geschlossen wird, sondern daß sich die zum Betriebe erforderliche Spannung frei entwickeln kann. Die Leydener Flasche ersetzt also in gewissem Sinne die elektrolytischen Widerstände, ist aber energetisch ungleich günstiger. Unter Benutzung dieser Schaltung kommt man mit den kleinsten Induktoren aus; der Aufbau der Apparate kann kaum noch einfacher gedacht werden.

ausschläge sind den Konzentrationen proportional; die Formel lautet: $d\vartheta/dt = k(\vartheta_\infty - \vartheta)$, wo t wie üblich die Zeit, ϑ die Temperatur bedeuten.

¹⁾ Diese Zeitschr. 27, 3. Heft, Mai 1914.

Die endgültige Ausführung der Apparatur zeigt Fig. 2. Die Kegelantennen der beiden auf Glasstäben verschiebbar angeordneten Systeme sind weiß lackiert, um das wesentlichste, ihre Richtung, auch dem größten Auditorium sichtbar machen zu können. Beim Empfänger ist der erforderliche Kondensator im Sockel unter dem Detektor angebracht. Zur Inbetriebsetzung bedarf es also lediglich des Anschlusses an ein empfindliches Galvanometer. Um hier jeden Irrtum auszuschließen, möchte ich darauf hinweisen, daß die Stromempfindlichkeit nicht weniger wie 10^{-6} Amp. betragen darf. Instrumente höherer Empfindlichkeit sind ohne weiteres zu benutzen. Man erregt bei solchen den Induktor schwächer, vergrößert den Abstand zwischen Sender und Empfänger oder stellt den Detektor des letzteren auf geringere Empfindlichkeit. Daß der Empfänger bei Anschluß an ein Instrument geringerer Empfindlichkeit wie 10^{-6} Amp. nicht arbeitet, ist leicht zu erklären. Die vom Sender ausgesandte Energie beträgt in den meisten Fällen weit weniger wie 1 Watt. Diese geht zunächst zylindrisch, später kugelförmig in den Raum und nimmt mit dem Quadrat des Abstandes ab. Um im Empfänger, zumal bei Unterdrückung einer Phase des hochfrequenten Wechselstromes, noch Stromstärken von z. B. 10^{-3} (Milliamperemeter) zu erhalten, müßten im Empfänger ganz enorme Spannungen erzeugt werden, die natürlich bei der geringen ausgesandten Energie des Senders unmöglich sind. Eine Steigerung der letzteren macht aber nach meinen Untersuchungen insofern besondere Schwierigkeiten, als die Löschwirkung einer Funkenstrecke bei Entladungszahlen, die über 50000 pro sec hinausgehen, nur mit besonderen Kunstgriffen aufrecht zu erhalten ist. Es ist daher die Benutzung eines empfindlicheren Spiegelgalvanometers unbedingt anzuraten. Die Physikalischen Werkstätten d. E. d. E. Göttingen, die meine Apparatur für kurze Wellen in den Handel bringen, haben sich auch die Konstruktion eines Galvanometers²⁾ angelegen sein lassen, das sich für den vorliegenden Zweck besonders aus dem Grunde eignet, weil es vorzüglich gedämpft ist und Unregelmäßigkeiten des Unterbrechers am Induktor kaum erkennen läßt. Namentlich unter Anwendung eines Deprezunterbrechers oder eines elektrolytischen mit hoher Frequenz gelingen die seinerzeit beschriebenen Versuche mit größter Leichtigkeit.

Zum Schluß möchte ich noch bemerken, daß man auf eine sehr viel einfachere Weise das Prinzip des Tonsenders der modernen drahtlosen Telegraphie veranschaulichen kann wie bisher. Es genügt, den Induktor mit einem elektrolytischen Unterbrecher zu betreiben. Jede Veränderung der Tonhöhe, die ja in der Praxis zur Unterscheidung verschiedener Stationen benutzt wird, läßt sich mittels eines Telephons, das an die beiden Klemmen des Empfängers angelegt wird, sehr schön verfolgen, zumal die Empfindlichkeit guter Telephone sich durchaus in der Größenordnung der Empfindlichkeit von Spiegelgalvanometern hält.

Bestimmung der Kraftlinien eines stromdurchflossenen Schraubendrahts.

Von Prof. Dr. **W. Merkelbach** in Kassel.

Daß die Kraftlinien innerhalb eines stromdurchflossenen Schraubendrahts der Achse parallel verlaufen und außerhalb der Windungen denen eines Magnetstabes entsprechen, wird mit Hilfe von Eisenfeilspänen gezeigt. Zur Erzeugung des Kraftlinienbildes kann man einen Schraubendraht benutzen, der in der Richtung seiner Achse von einer Pappe durchsetzt ist. Eine hierzu geeignete, in der beigegebenen Figur abgebildete Vorrichtung läßt sich in der nachher beschriebenen Weise herstellen; die angegebenen Maße sind die meines Apparates.

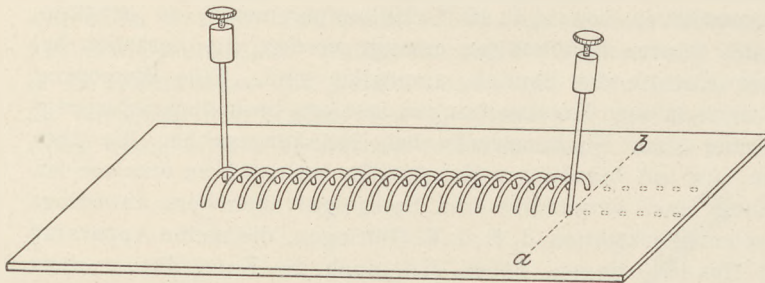
Der Schraubendraht besteht aus $2\frac{1}{2}$ mm dickem Kupferdraht und hat 20 Windungen in je 7 mm Entfernung. Zu seiner Herstellung wird ein etwa 1,8 m langer, weicher

²⁾ Diese Zeitschr. 28, 3. Heft, S. 169, Mai 1915.

Draht an einem Ende festgeklemmt und etwas gestreckt, indem man ihn zwischen zwei Brettern hindurchzieht. Das freie Ende steckt man quer in einen Holzstab von 2 cm Durchmesser. Nun wird der Draht, indem man ihn stark gespannt hält, in dichten Windungen auf den Stab aufgerollt. Beim Loslassen erweitert sich die Spirale um wenige Millimeter. Die Windungen werden auf dem Stab so auseinandergezogen, daß die auf 22 Windungen kommende Länge des Schraubendrahts 154 mm beträgt, und daß die Windungen möglichst gleichen Abstand haben. Auf diese 22 Windungen, die bis zu den Enden regelmäßig verlaufen müssen, wird der Draht gekürzt.

Dann wird die Pappe hergerichtet, die bei mir 24 cm lang, 12 cm breit und $2\frac{1}{2}$ mm dick ist. Sie wird beiderseits mit weißem Glanzpapier überzogen, doch zunächst nur so, daß an einem schmalen Ende ein Streifen von 5 cm Breite frei bleibt. In der Figur liegt der überzogene Teil links von der mit ab bezeichneten Grenzlinie.

Zur Aufnahme der Windungen des Drahts dienen 2 Lochreihen. Der Abstand der äußeren Ränder ihrer Öffnungen muß gleich dem äußeren Durchmesser des



Schraubendrahts, ihre Entfernung gleich 7 mm gemacht werden. Eine Öffnung der einen Reihe, durch die ein Ende des Drahtes gehen soll, bringt man auf der Linie ab an, links davon (s. Figur) kommen 20 Öffnungen; nach

rechts setzt sich die Lochreihe bis zum Rande der Pappe fort. Die Löcher der zweiten Reihe sind gegen die ersten um den halben Abstand zweier Windungen ($3\frac{1}{2}$ mm) verschoben. Die Löcher macht man am einfachsten mit einem 2 mm Durchmesser (für M 0,20 in Werkzeughandlungen erhältlich), den man auf einer Bleiblechunterlage so tief eintreibt, daß der $2\frac{1}{2}$ mm-Draht eben bequem hindurchgeschoben werden kann.

In die so vorbereitete Pappe schraubt man den Draht vom Rande aus ein, indem man dafür sorgt, daß nach jeder halben Umdrehung das vordere, etwas zugespitzte Ende in die neue Öffnung geführt wird. Das Drehen bewirkt man zwischen den ersten Fingern beider Hände, mit denen man zuletzt über die Längsränder der Pappe übergreift.

Nachdem das Ende des Drahtes durch die letzte Öffnung geführt ist, wird es beim Weiterschrauben nach oben gestreckt, so daß ein etwa einer Windung entsprechendes Stück des Drahtes geradlinig emporragt. Auch die über die Linie ab noch hinausgehende Windung wird hochgezogen und gestreckt. An die freien Enden werden Zuleitungsklemmen für den Strom geschraubt oder gelötet. Endlich werden mit einer flachen Feile alle Unebenheiten an den Rändern der freigewordenen Öffnungen beseitigt, worauf auch der rechts von der Linie ab liegende Teil der Pappe unten und oben mit dem weißen Glanzpapier überzogen wird. Die Ränder der Papiere müssen bei ab genau aneinanderstoßen.

Beim Gebrauch wird die Pappe auf einen Kasten (Zigarrenkasten) gelegt, mit Eisenfeilspänen gleichmäßig übersiebt und, während der Strom durch die Spirale fließt, erschüttert. Ich verwende eine Stromstärke von 20 Amp.; stärkere Ströme sind natürlich noch zweckmäßiger.

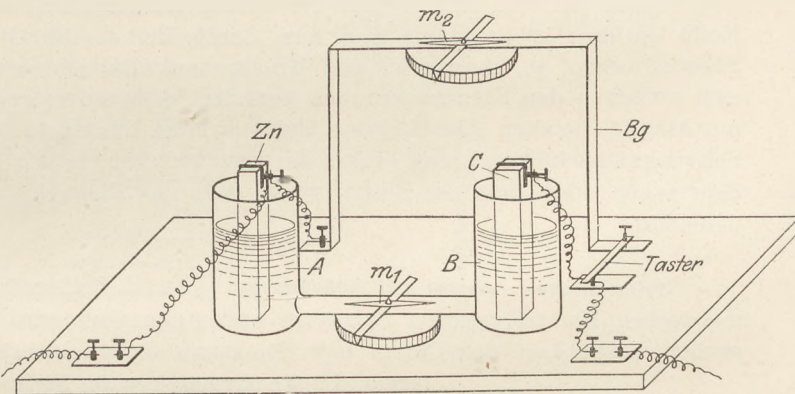
Bei der Aufbewahrung wird die Pappe mit den Klemmen nach unten auf den Kasten gelegt; ihre Gebrauchsseite bleibt so vor Staub geschützt.

Der elektrische Strom in dem Elektrolyten eines Elementes und in einer Zersetzungszelle.

Von Dr. E. Boehm in Hamburg.

Um den Schülern auf der Unterstufe den Durchgang des elektrischen Stromes bei geschlossenem Element durch dasselbe hindurch zu zeigen, habe ich folgenden kleinen Apparat¹⁾ zusammengestellt.

Auf einem Grundbrett (30×22 cm) etwas eingelassen befinden sich zwei zylindrische Glasgefäße *A* und *B* von 10 cm Höhe und 6 cm lichter Weite, die miteinander durch ein 7 cm langes und 1,5 cm weites Glasrohr unten verbunden sind. Die Gefäße werden mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt; in das eine wird ein Kohlestab ($12 \times 4 \times 2$ cm), in das andere ein ebenso hoher, amalgamierter Zinkstab von kreuzförmigem Querschnitt getaucht. Die Pole dieses einfachen Elementes werden mit zwei Klemmen leitend verbunden, von denen die eine sich an dem einen Ende eines 15 cm hohen und 21 cm breiten, starken Messingbügels *Bg* in ungefähr 10 cm Entfernung hinter den Gefäßen, die andere auf dem Grundbrett befindet. Letztere läßt sich durch einen Taster mit dem anderen Ende des Messingbügels in leitende Verbindung bringen. Der horizontale Teil des Bügels und das Verbindungsrohr sind parallel angeordnet. Dicht oberhalb der Mitte des Verbindungsrohres und oben auf der Mitte des Bügels ist je eine leicht bewegliche Magnetnadel angebracht. Die Ausschläge jeder Nadel werden auf weitere Entfernung hin durch einen 5 cm langen Zeiger aus Aluminiumblech mit rechtwinklig heruntergebogenen und geschwärzten Enden sichtbar gemacht. Der Zeiger ist mit der Nadel senkrecht zu ihrer magnetischen Achse fest verbunden; sein eines Ende bewegt sich vor einer kleinen runden Skala.



Wird der Apparat in den magnetischen Meridian eingestellt und das Element mit dem Taster geschlossen, so zeigen beide Nadeln verschiedene Ausschläge und geben nach der bekannten Handregel die Stromrichtung im Schließungsdraht und im Element selbst deutlich an. Man wird natürlich diesen Versuch erst nachträglich machen können, nachdem die magnetischen Wirkungen des Stromes erörtert sind.

Eine Zersetzungszelle ist sehr leicht hergestellt, wenn man statt des Kohle- und Zinkstabes zwei spiralförmig aufgerollte Bleiplatten (25×8 cm) mit zwei bzw. einer Klemmschraube in die Gefäße bringt. Das eine Klemmenpaar wird mit dem einen Ende des Bügels bzw. der einen Stromzuführungsklemme vorn auf dem Grundbrett, die Klemme der andern Bleiplatte wird mit dem Taster, der Taster mit der andern Stromzuführungsklemme verbunden.

Man kann nun zunächst zeigen, daß der Widerstand des flüssigen Leiters trotz größeren Querschnittes und kleinerer Länge bedeutend größer ist als der des Metallleiters, wenn man den Zersetzungstrom einschaltet und zugleich den Taster niederdrückt. Die untere Nadel zeigt gar keinen Ausschlag, die obere schlägt stark aus.

¹⁾ Anm. d. Redaktion: Man vgl. hiermit den für ähnliche Zwecke bestimmten Apparat von A. Stroman, d. Zeitschr. 20, 361.

Läßt man den Strom nur durch den Elektrolyten gehen, so zeigt die untere Nadel einen deutlichen Ausschlag zum Beweise dafür, daß der Ionentransport in ihm dieselbe magnetische Wirkung hat wie der Strom in dem festen Leiter.

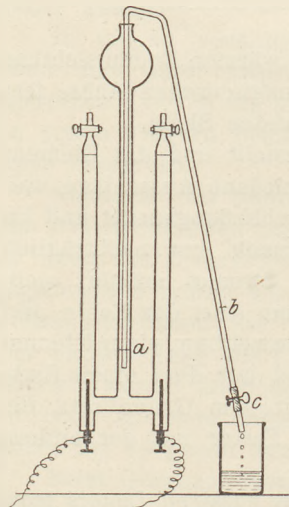
Hat man den Strom eine kurze Zeit durch die Schwefelsäure geschickt und schaltet man dann den Metallbügel in den Stromkreis ein, so läßt sich deutlich an dem verschiedenen Ausschlag beider Nadeln die Wirkung und entgegengesetzte Richtung des Polarisationsstromes zeigen.

Der Apparat wird von der Firma Peter Stenzel, Hamburg 23, Wandsbecker Chaussee 151, mit allem Zubehör zum Preise von M 20,—, ohne Elektroden zum Preise von M 15,— hergestellt.

Für die Praxis.

Longitudinale Schwingungen in Stäben. Von W. Kodweiß in Heidenheim a. d. Brenz. Ein sehr einfaches Mittel, die Knoten und Schwingungsbäuche longitudinal schwingender Stäbe sichtbar zu machen, ist folgendes: Man nimmt eine nicht zu dünne Glasröhre, etwa eine, die man sonst zur Erzeugung der Kundt'schen Staubfiguren verwendet, und klemmt sie fest, so daß jede der beiden Klemmschrauben um $\frac{1}{6}$ der Länge vom Ende entfernt ist; versetzt man nun durch Reiben die Glasröhre in longitudinale Schwingungen, so kann man den Knoten und die beiden Schwingungsbäuche, die sich zwischen den Klemmschrauben befinden, dadurch zeigen, daß man die Glasröhre mit Alkohol benetzt. Der Alkohol bleibt an dem Knoten in Ruhe, während er an den Schwingungsbäuchen Ringe bildet, die verschwinden, sobald die Röhre verstummt ist. Sehr schön sieht man die Ringe, wenn man das Zimmer verdunkelt und künstlich beleuchtet.

Hofmannscher Apparat mit Abflußheber. Von H. Zeitler in Berlin. Bei der volumetrischen Elektrolyse von Salzsäure und Ammoniak wird bekanntlich wegen der großen Löslichkeit des Chlors bzw. Stickstoffs im Elektrolyten das Ergebnis leicht falsch. Lüpke (Grundzüge der Elektrochemie 1907, S. 12 u. 31) empfiehlt, durch Herstellung eines negativen Drucks die Löslichkeit zu verringern. Er bringt zu diesem Zweck unten zwischen den Elektroden einen Abflußhahn an, der nach dem Schließen der oberen Hähne geöffnet wird. Dieser Hahn ist nun ein sehr empfindlicher Teil am Apparat, der leicht abgeschlagen wird. So erklärt es sich wohl, daß man den Hofmannschen Apparat mit Abflußhahn in den meisten Laboratorien nicht antrifft. Als Ersatz empfiehlt sich folgende einfache Vorrichtung: *ab* ist ein Heber aus Glas von etwa 3 mm innerem Durchmesser. Der kürzere Schenkel *a* taucht in das Steigrohr des Zersetzungsapparats ein, etwa bis dahin, wo die Elektroden endigen. Der längere Schenkel *b* steht etwas ab, ist bei *c* durch ein Stückchen Schlauch samt Quetsche unterbrochen und gestattet der Flüssigkeit, in ein Becherglas abzufließen. Vor Gebrauch füllt man den Heber mit der Flüssigkeit, indem man am längeren Arm ein Trichterchen mit einem Stückchen Schlauch befestigt und so lange zugießt, bis sie am andern Arm ausfließt. Ist die Quetsche geschlossen, so kann man den Heber umkehren, ohne ein Ausfließen befürchten zu müssen. Soll nach dem Einführen des Hebers in die Steigrohr Unterdruck erzielt werden, so öffnet man *c*. Der Elektrolyt fließt dann kontinuierlich ab in dem Maße, als er durch die entstandenen Gase verdrängt wird.



Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Eine neue Gaede-Pumpe. Im Anschluß an eine Arbeit über die Diffusion der Gase durch Quecksilberdampf bei niederen Drucken berichtet GAEDE¹⁾ über die Konstruktion einer neuen Hochvakuumpumpe, deren Wirkungsweise er auf die Erscheinung der Diffusion zurückführt, und die er daher als Diffusionsluftpumpe bezeichnet hat. Es ist naheliegend, die Erscheinung der Diffusion zur Konstruktion einer Luftpumpe zu benutzen. Denn haben wir zwei verschiedene Gase, welche voneinander durch eine undurchlässige Wand getrennt sind, so besagt das bekannte Diffusionsprinzip, daß jedes dieser beiden Gase für das andere die Rolle des absoluten Vakuums spielt; der Partialdruck des einen Gases ist in dem von dem anderen Gase erfüllten Raume gleich Null. Bringen wir daher in der trennenden Wand eine kleine Öffnung an, so wird jedes Gas in den Raum des anderen Gases wie in ein Vakuum hineinströmen, und auf diese Weise kommt eben jene Vermischung der beiden Gase zustande, die uns als Resultat der Diffusion bekannt ist. Vor dem Einsetzen der Diffusion befindet sich in dem Raume *I* nur das Gas *A*, in dem Raume *II* nur das Gas *B*. Es werde jetzt die Diffusion ermöglicht durch eine feine Öffnung in der trennenden Wand. Dann strömt *A* solange nach *II* und ebenso *B* solange nach *I*, bis die Partialdrucke von *A* und *B* in *I* und *II* die gleichen geworden sind. Könnten wir nun etwa in *I* durch irgend eine Vorrichtung das hineinströmende Gas *B* wieder aus diesem Raum entfernen (natürlich ohne daß es wieder nach *II* zurückgelangt), so würde hier der Partialdruck für *B* immer verschwindend klein bleiben, folglich immer mehr von dem Gase *B* aus *II* nach *I* hineinströmen. Zugleich diffundiert das Gas *A* aus *I* heraus nach *II*. Da aber das in *I* ankommende Gas *B* immer wieder sofort entfernt wird, so erhalten wir in *I* ein teilweises Vakuum.

Diese durch Diffusion erzeugte Saugwirkung benutzte GAEDE zu folgender Anordnung (Fig. 1). In *A* wird Wasserdampf erzeugt, der durch die Glocke *B* ausströmt. Unter der Glocke befindet sich die Tonzelle *C*, die durch den Kühler *D* abgeschlossen wird. Zu dem zwischen Kühler und Tonzelle gelegenen Zwischenraum führt das Rohr *d*, das in das Gefäß *E* mündet. *E* kommuniziert mit einem

Barometerrohr, das in das Quecksilbergefäß *Q* eintaucht. Zu Beginn des Versuches ist *E* mit Luft von Atmosphärendruck gefüllt. Umspült nun der Dampf die Tonzelle, so wird ein Teil desselben durch die Poren der Tonzelle in das Innere hineindiffundieren und an der Wand des Kühlers *D* kondensiert werden. Das gebildete flüssige Wasser fließt nach *E* ab. Der übrige Dampf strömt aus der Glocke *B* in die freie Luft. Gleichzeitig diffundiert in entgegengesetzter Richtung die Luft aus dem Tonzylinder in den luftfreien

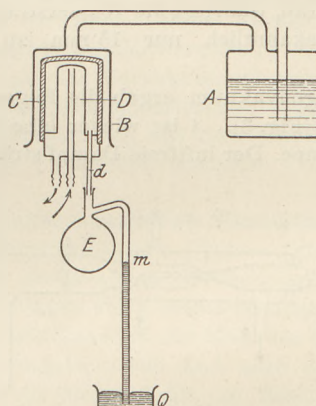


Fig. 1.

Dampfraum der Glocke *B* und wird durch den strömenden Dampf in die Atmosphäre gespült. In unserer früheren Bezeichnungsweise ist *I* der Zwischenraum zwischen Zelle und Kühler, *II* der Raum unter der Glocke; *A* ist Luft und *B* Wasserdampf. Der Wasserdampf (*B*) wird in *I* durch Kondensation entfernt, außerdem aber auch die Luft (*A*) in *II* durch den strömenden Wasserdampf. Das durch Diffusion erstrebte Partialdruckgleichgewicht wird also beiderseits immer wieder gestört, und so muß diese Vorrichtung vollkommen als Pumpe wirken. In der Tat beobachtete GAEDE, daß das Quecksilber in dem Barometerrohr langsam bis zu einer Höhe *m* stieg, die um den 15 mm betragenden Dampfdruck des Wassers (von der Temperatur des Kühlwassers in *D*) kleiner war als der Barometerstand.

Wesentlich erhöht konnten die so erzielten Vakua mit folgender Vorrichtung werden (Fig. 2). *A* ist eine Wasserstrahlpumpe, *B* die eingekittete Tonwand; der Ansatz *C* ist durch Eintauchen in ein Kohlensäure-Ätherbad stän-

¹⁾ Annalen der Physik, 46, 357, 1915.

dig auf -80° abgekühlt. D stellt die Verbindung mit einem Manometer her. Die durch B hindurchdiffundierten Wasserdämpfe werden in C ausgefrenen, während die in entgegengesetzter Richtung diffundierende Luft durch die Pumpe A abgesogen wird.

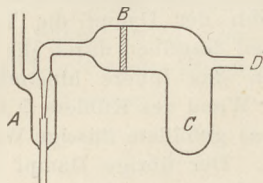


Fig. 2.

Auf diese Weise kam man bis zu 1 mm Luftdruck berab, während die Wasserstrahlpumpe allein bekanntlich nur 15 mm zu geben vermag.

Röntgenvakuum ergab die folgende Anordnung (Fig. 3). A ist wieder eine Wasserstrahlpumpe. Der luftfreie Dampf strömt bei a

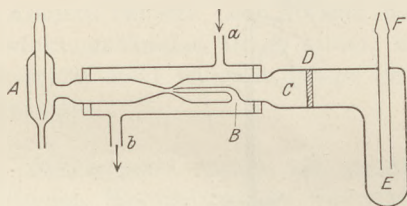


Fig. 3.

ein und zum Teil bei b wieder ab, zum Teil aber tritt er durch die Düse B in den evakuierten Apparat und spült als energischer Dampfstrahl alle Gase nach A hinein. Folglich wird C mit luftfreiem Dampf von etwa 10 mm Druck erfüllt. Dieser diffundiert durch die Wand D hindurch, und zugleich in umgekehrter Richtung die Luft aus E nach C , wo sie durch den Dampfstrom und die Pumpe fortgeschafft wird. E taucht in eine Kohlen-säure-Äther-Kältemischung, so daß hier der hineindiffundierte Wasserdampf ausgefrenen wird. F ist mit einer Röntgenröhre verbunden, in der harte Röntgenstrahlen erzeugt werden konnten, nachdem die Vorrichtung 2 Stunden in Betrieb gewesen war.

In Fig. 4²⁾ ist sodann die eigentliche Diffusionspumpe dargestellt. An die Stelle des Wasserdampfes bei den zuvor genannten Versuchsanordnungen tritt hier Quecksilber-

dampf, der durch Erhitzen des bei Q befindlichen Quecksilbers erhalten wird. Er strömt in A empor und in den Stahlzylinder C hinein. Dieser ist in die mit Quecksilber gefüllte Rinne R eingesetzt und besitzt bei S einen sehr schmalen Spalt. Wie aus der Fig. 5 hervorgeht, bieten sich daher dem ankommenden Quecksilberdampf zwei Wege dar: ein Teil gelangt durch das Rohr a (dessen aus C herausragender Teil auch in Fig. 4 zu sehen ist) und dessen Ansatz-

rohr b in den Rückflußkühler D , der durch n und n' mit einem ständigen Strom kalten Wassers beschickt wird. Das Quecksilber kondensiert sich also und fließt durch b nach Q zurück. Ein zweiter Teil des Dampfes diffundiert durch S in den Raum B hinein, der durch die Rinne R von dem Raum A völlig abgeschlossen ist. An die Wandungen von B ist ebenfalls ein Kühler angelegt, der durch m und m' betätigt wird. Das so kondensierte Quecksilber

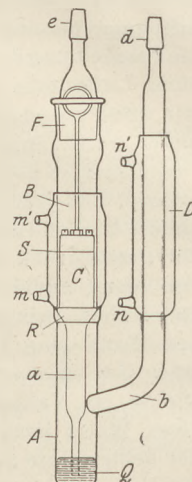


Fig. 4.

fließt in die Rinne R , von wo aus es durch Überlaufen über deren Rand nach Q zurückgelangt. Wird nun an d eine Vorpumpe angelegt, die dauernd ein Vakuum von 0,1 mm zu geben vermag (z. B. die bekannte, von Leybold vertriebene Gaede'sche Kapselpumpe) und e mit dem Rezipienten, etwa einer Röntgenröhre, verbunden, so kann man sich von der großen Sauggeschwindigkeit dieser Vorrichtung überzeugen, sobald das angegebene Vorvakuum erreicht worden ist³⁾.

Die Theorie, die Gaede von seiner neuen Pumpe gibt, ist die folgende: in demselben Maße, wie der Quecksilberdampf durch S aus C heraus nach B hineindiffundiert, diffundiert die Luft aus B nach C hinein. Durch den Kühler wird in B der Quecksilberdampf, durch den durch a herabziehenden Quecksilberdampf in C die Luft entfernt; das Partialdruckgleichgewicht wird also beiderseits ständig

²⁾ Das Klischee zu dieser Figur wurde uns in dankenswerter Weise von der Firma E. Leybolds Nachf. in Köln zur Verfügung gestellt.

³⁾ Die Firma E. Leybolds Nachf. in Köln hat allein das Herstellungs- und Verkaufsrecht der Diffusionsluftpumpe D.R.P. angemeldet. Wie die Firma mitteilt, beträgt der Preis für die Pumpe allein M 170; Stativ und Brenner kosten M 50.

gestört, so daß man in *B* die äußersten Vakua erhalten kann⁴⁾.

Gelegentlich einer Vorführung der Diffusionspumpe im physikalischen Institut der Universität Leipzig machte nun Dr. LILIENFELD einige interessante Bemerkungen zu dieser Gaedeschen Erklärung. Durch das freundliche Entgegenkommen des Herrn Dr. LILIENFELD bin ich in der Lage, dieselben hier kurz anführen zu können.

Nach GAEDE sollen die Hochvakuumgase durch den Schlitz des Zylinders ins Vorvakuum strömen. Also muß zum mindesten in der Mündung des Rohres *a* ihr Partialdruck erheblich geringer sein als im Raume *B*

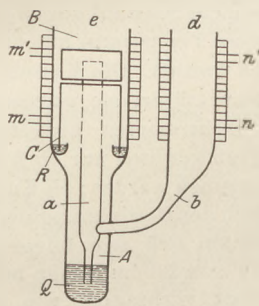


Fig. 5.

(vgl. Fig. 5). Da das Rohr *a* mit dem Vorvakuum von 0,1 mm Druck kommuniziert, so ist man gezwungen anzunehmen, daß die durch *a* nach unten strömenden Quecksilberdämpfe einfach infolge ihrer Geschwindigkeit die Vorvakuummolekeln verdrängen. Nun ist aber fraglos im Schlitz *S* die Strömungsgeschwindigkeit der Quecksilberdämpfe mindestens ebenso groß wie im Rohre *a*. Folglich müßten auch hier die Hochvakuumgase, die doch einen viel geringeren Partialdruck als die Vorvakuumgase besitzen, vom Schlitz eher ferngehalten als durch ihn hindurchgesogen werden. Nimmt man dagegen an, daß der fein verteilte Quecksilbernebel mit seiner enormen Oberfläche die Gasmolekeln

in *B* anzieht, sie absorbiert (also eine Lösung von Gas in Metall sich bildet), zum Teil vielleicht auch adsorbiert, so kommt man um die genannten Schwierigkeiten herum. Diese Annahme erscheint sehr berechtigt, wenn man bedenkt, wie begierig die meisten Metalle besonders den Wasserstoff verschlucken, und wie große Mengen Quecksilber gegenüber den wenigen Molekeln Gas im Raume *B* sich kondensieren.

Demnach würden sich in der GAEDESCHEN „Diffusions“-Pumpe die folgenden Vorgänge abspielen: Der aus *A* kommende Quecksilberdampf strömt durch *S* nach *B* hinein, kondensiert sich hier und belädt sich dabei mit dem Hochvakuumgas. Durch die Rinne *R* gelangt es zurück in den Siedebehälter *Q*, wo es wieder verdampft. Dabei werden die gelösten Gase frei. Ein Teil derselben wird durch *a* hindurch an das Vorvakuum abgegeben, so daß das in *B* kondensierende Quecksilber immer gasfreier wird; auf diese Weise kommt der schöne Pumpeffekt zustande. *H. Sch.*

Der Hufeisenmagnet als Stimmgabel. Von H. REBENSTORFF. (*Zeitschr. f. math. u. naturw. Unt.* 1915, 428.) Jeder kleine Hufeisenmagnet gibt beim Anschlagen einen lauten Stimmgabelton, wenn er recht genau in der Mitte der Biegung mit den Fingern erfaßt und nach dem Anschlagen mit dieser Stelle zur Resonanz an die Tischplatte gedrückt wird. Infolge Fehlens des Stieles entsteht beim Schwingen nur eine einzige Knotenstelle. Sehr wirksam ist der Resonanzversuch über einer abgestimmten Luftsäule. Der Ton ist bei Fingerlänge des Magnets etwa in der Oktave oberhalb des Kammertons gelegen. Vor einer vielgewundenen Spule (Sekundärspule eines Schlitteninduktors) erhält man durch Annähern des schwingenden Magnets leicht Wechselströme, die durch ein (lautsprechendes) Telephon in einem Nebenraum gut demonstriert werden können. *H. R.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Der Gleichstromlichtbogen von großer Bogenlänge. Von W. GROTRIAN¹⁾. Im Jahre 1909 hat Schönherr ein Verfahren gefunden, um einen sehr langen Lichtbogen zu stabilisieren²⁾. Er läßt den Lichtbogen in einem

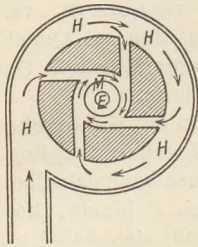
zylindrischen Rohr brennen und erzeugt in diesem Rohr einen aufsteigenden Luftwirbel, in dessen Wirbellinie, die mit der Achse des Rohres zusammenfällt, der Lichtbogen ruhig und völlig stabil brennt. Auf diese Weise konnten 1 m lange Wechselstromlichtbögen erzeugt werden. GROTRIAN untersuchte Gleichstromlichtbögen von großer Länge in verschiedenen Gasen und bestimmte deren Charakteristiken. Der Lichtbogen brannte in einem

⁴⁾ Das von Gaede erreichte Grenzvakuum ist unbestimmbar hoch.

¹⁾ Ann. d. Physik 47, 141 (1915).

²⁾ Elektrotechn. Zeitschr. 1909, S. 365.

senkrecht gestellten Glasrohr von 4–5 cm Durchmesser und etwa 80 cm Länge. Die untere Elektrode war von einem zylindrischen Kasten umgeben, in dem der Wirbel in der in Fig. 1 dargestellten Weise erzeugt wurde.



Aus einem elektrisch angetriebenen Ventilator strömt die Luft in den ringförmigen Hohlraum *H* des Kastens und gelangt durch die Durchbohrungen eines Korkringes in den Innenraum des Rohres, wo sich dann der aufsteigende Wirbel bildet. *E* ist die Elektrode, *M* ein wasserdurchströmter Kühlmantel. Die Länge des Lichtbogens konnte durch Bewegung der oberen Elektrode von 0–70 cm variiert werden. Der Strom wurde erregt von einer Hochspannungsgleichstrommaschine. Der Bogen brannte ruhig in der Mitte des Wirbels, ganz gleich, ob sich die Kathode unten oder oben befand. Verschiedene Metalle als Elektroden (Eisen, Kohle, Kupfer) ergaben die Leuchterscheinungen und Spektren des Metalllichtbogens. In der Mitte der positiven Säule sieht man ein weißleuchtendes Band, in dem die Temperatur sehr hoch ist (ein eingeführter Platindraht schmolz sofort). Dieser Teil des Bogens übernimmt im wesentlichen den Elektrizitätstransport. Die vom Verf. aufgenommenen Charakteristiken des Bogens für verschiedene Längen bildeten eine Schar von sehr regelmäßig verlaufenden Hyperbeln, deren eine Asymptote die *V*-Achse, deren andere Asymptote eine Parallele zur *i*-Achse war. Das Elektrodenmaterial war von keinem wesentlichen Einfluß auf die Charakteristik, dagegen war das Gas dafür ausschlaggebend. Eine von Frau Ayrton aufgestellte empirische Formel $V \cdot i = \alpha + \beta l + \gamma i + \delta li$, wo *V* die Spannung, *i* die Stromstärke, *l* die Länge des Bogens bedeuten, gab den Verlauf in allen Fällen gut wieder; die Konstanten wurden für verschiedene Gase (Luft, Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure, Wasserstoff und Wasserdampf) gemessen. Bei andern Gasen als Luft trat aus einer mit dem betreffenden Gas gefüllten Bombe ein Gasstrom direkt in das Rohr ein. Bei Stickstoff fielen die Kurven fast ganz mit denen für Luft zusammen. Bei Sauerstoff lagen die Kurven für gleiche Länge erheblich höher als in Luft und Stickstoff. Bei wachsender Stromstärke nahm die Leistung zunächst zu und wurde dann nahezu konstant. Ein leuchtendes Band

erschien in Sauerstoff erst bei Stromstärken $> 1,5$ Amp.; zugleich bog die Charakterik nach unten ab; wahrscheinlich zerfällt in diesem Augenblick das *O*-Molekül in das *O*-Atom. In Kohlensäure brannte der Lichtbogen ruhig und blendend hell; das weiße Band war viel intensiver und schärfer abgegrenzt als in Luft. Die Kurven lagen auch hier bedeutend höher als in Luft. Im Wasserstofflichtbogen waren die Temperaturen sehr hoch; es mußten das untere Stück des Glasrohrs durch ein Eisenrohr ersetzt, die Elektroden sehr dick genommen werden. Das helle Band war hier rötlich-weiß und zeigte das Linienspektrum des Wasserstoffs. Der Bogen zeigte leicht Schwankungen und konnte wegen der hohen Temperatur immer nur kurze Zeit betrieben werden. Die Messungen waren daher viel schwieriger: sie wurden mit dem Wulfschen Elektrometer ausgeführt. Die Charakteristiken konnten nur bis 5 cm Bogenlänge aufgenommen werden; die Kurven lagen sehr hoch. Nach der Bestimmung der Ayrton'schen Konstanten ließ sich folgern, daß ein *H*-Lichtbogen von 2,5 cm Länge bei 1,5 Amp. ebensoviel Watt verbraucht wie ein Lichtbogen in Luft von 30 cm Länge bei derselben Stromstärke. Der Wasserdampflichtbogen zeigte sich in drei scharf unterschiedenen Formen. Nur zwischen 1 und 3 Amp. war das helle Band zu sehen, in dem der H_2O -Dampf sicherlich dissoziiert ist, da in ihm die Serienlinien des *H* und *O* auftreten. Verringerte man die Stromstärke, so verschwand das Band plötzlich und die das Band vorher umgebende blaue Aureole erfüllte den ganzen Querschnitt. Bei noch weiter abnehmender Stromstärke wurde die Lichtintensität dieses blauen Lichts plötzlich ganz schwach und der Bogen sehr unruhig. Die drei Formen traten bei allen Längen auf, eine jede Form zeigte eine besondere Charakteristik. Bei Form I stieg *V* mit *i* ähnlich wie bei den anderen Gasen; bei Form II sprang *V* auf einen hohen Wert, *i* sank erheblich; beim Übergang von II zu III erreichte *V* den höchsten Wert, dann aber sank bei III *V* mit abnehmendem *i*.

Sondenmessungen wurden im Luftlichtbogen mit Nernststiften vorgenommen. Das Potentialgefälle/cm längs des Lichtbogens war in allen Teilen der positiven Säule — unabhängig von der Länge — dasselbe und nahm mit zunehmender Stromstärke längs einer Hyperbel ab. Der Kathodenfall war = 20 Volt — unabhängig von Länge, Stromstärke und Elektrodenmaterial. Der Anoden-

fall war unabhängig von der Länge und nahm mit zunehmender Stromstärke zwischen 0,1 bis 3 Amp. von 150–30 Volt ab; der Verlauf hing etwas vom Elektrodenmaterial ab. — Im Kohensäurebogen wurde durch Querschnittsmessung des weißen Bandes die Stromdichte bestimmt; es zeigte sich, daß sie mit zunehmender Feldstärke linear wächst. Der Verf. entwickelte auch eine Theorie über die Art des Leitungsvorganges im Lichtbogen, deren Grundgedanke die Stoßionisierung durch solche Elektronen ist, deren ungeordnete Temperaturgeschwindigkeit oberhalb des zur Ionisierung nötigen Betrages liegt. Es ließen sich dadurch die beobachteten Leitfähigkeiten der Größenordnung nach berechnen, verschiedene Erscheinungen wenigstens qualitativ erklären. *Schk.*

Über Elektronen und Metallatome in Flammen. Unter diesem Titel hat P. LENARD eine interessante Abhandlung¹⁾ veröffentlicht, die uns veranlaßt, im folgenden ein zusammenhängendes Referat über die zahlreichen, hochwichtigen Arbeiten zu geben, welche dieser Forscher im Laufe der Jahre über die Elektrizitätsleitung und die Lichtemission metall dampfhaltiger Flammen ausgeführt hat.

1. Über die Elektrizitätsleitung in Flammen (*Ann. der Phys.* IX, 642, 1902). Stellt man eine Bunsenflamme zwischen zwei vertikale, elektrisch geladene Metallplatten und bringt an einem Platindraht (wie zu Zwecken der Spektralanalyse) eine Salzperle in die Flamme, so geht der kometenartige, farbig leuchtende Dampfstreifen nicht nach oben, sondern immer nach der negativen Platte hin. Dabei kann die Neigung des Dampfstreifens größer als 45° werden. Stellt man die negative Platte aus dem Flammensaum heraus, so geht auch der Dampf aus der Flamme heraus und zu der Platte hin, begleitet von einem Teil der Flamme selbst, die so einen einheitlichen Fortsatz erhält. Wird die Perle nur in den äußersten Saum der Flamme gebracht, so zeigt sich keine Wanderung. Auch eine metallfreie Flamme zeigt eine derartige Wanderung, wobei dann eben die Teile von ihr betroffen werden, die bei Entfernung der negativen Platte aus dem Saum den Metall dampfstreifen begleiteten. Eine materielle Wanderung zur positiven Elektrode konnte in keinem Falle festgestellt werden. Um die Wanderungsgeschwindigkeit

der positiven Träger zu messen, wurde der Brenner auf eine Zentrifugalmaschine gesetzt und diese in so schnelle Drehung versetzt, daß die Flamme an der betrachteten Stelle, nämlich in der halben Höhe ihres inneren Kegels, eine Neigung von 45° annahm. Die hierzu nötige Geschwindigkeit von 110 cm/sec ist dann gleich der Geschwindigkeit der aufsteigenden Flammengase an dieser Stelle. Diese Geschwindigkeit multipliziert mit dem Tangens des Winkels, den der Dampfstreifen mit der Vertikalen einschließt, ergibt die Wanderungsgeschwindigkeit in dem benutzten Feld. So war z. B. dieser Winkel bei Lithiumcarbonat 10°, wenn die Flamme zwischen zwei vertikalen Platindrähten als Sonden im horizontalen Abstand von 1,0 cm brannte und zwischen diesen eine Potentialdifferenz von 250 Volt angelegt wurde. Damit ergibt sich die Wanderungsgeschwindigkeit der rot leuchtenden Lithiumträger in diesem Fall zu

$$\frac{110 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ}{250} = 0,08 \text{ cm/sec/Volt/cm.}$$

Nun läßt sich mit einfachen Mitteln eine Formel ableiten, die es gestattet, aus der beobachtbaren Wanderungsgeschwindigkeit eines Trägers seinen Radius zu berechnen. Wendet man diese Formel an, so ergibt sich dieser Radius zu $6,7 \cdot 10^{-6}$ mm, d. h. zu der zehnfachen Molekulargröße der Träger. Infolge spektroskopischer Beobachtungen und der hohen Temperatur, die in der Flamme herrscht, ist es aber höchst unwahrscheinlich, daß darin eine solche Anhäufung von Molekülen zu größeren elektrisch geladenen Komplexen stattfindet. Nun setzt die benutzte Formel in ihrer Ableitung voraus, daß die positive Ladung des Trägers von ihm dauernd festgehalten wird. Nimmt man an, daß das in der Flamme nicht der Fall ist, daß vielmehr ein ständiger Wechsel in der Ladung stattfindet, indem negative Quanten, Elektronen, von den Metallatomen abwechselnd abgestoßen und wieder aufgenommen werden, diese Atome also abwechselnd positiv elektrisch geladen und elektrisch neutral sind, so fällt diese Schwierigkeit fort. LENARD kommt somit in dieser Arbeit zu dem Schluß, daß die in Flammen in innerer Erschütterung befindlichen Atome des Kohlenstoffs sowie eingeführter Metallatome Elektronen aussenden.

2. Über den elektrischen Bogen und die Spektren der Metalle (*Ann. der Physik* XI. 636, 1903). Seitdem man weiß, daß die Emissionsspektren der Elemente sich in

¹⁾ Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss. 1914, Abh. 17.

gesetzmäßig gebaute Linienserien auflösen lassen, die jede unendlich viele Linien enthält, erscheint es unmöglich, daß für jede einzelne Spektrallinie ein besonderes Schwingungszentrum im Atom vorhanden ist. Vielmehr wird dadurch die Annahme nahegelegt, daß je eine ganze Linienserie von einem und demselben schwingungsfähigen System im Atom emittiert wird. Es erhebt sich also die Frage, ob so viele Systeme im Atom vorhanden sind, wie es Serien emittiert, oder ob jedes erregte Atom gleichzeitig alle Serien seines Spektrums emittiert. Zur Untersuchung dieser Frage wird von einem metallhaltigen elektrischen Bogen ein möglichst kleines reelles Bild in den Brennpunkt des Spektrometerkollimators geworfen. Um das kontinuierliche Licht der Kohlen und des Bogens selbst zum Verschwinden zu bringen, wird das Spektroskop ohne Spalt benutzt und eine große Dispersion und Vergrößerung gewählt. In diesem „Objektivspektroskop“ sieht man dann ebensoviele Bilder des elektrischen Bogens, als Lichtarten in seiner Emission vorhanden sind. Das Ergebnis der Untersuchung ist das folgende: Beim Lithium und Natrium sind die Flammen der Hauptserie im Spektrum am größten, bedeutend kleiner sind die Flammen der ersten Nebenserie und wieder kleiner als diese die Flammen der zweiten Nebenserie. Daraus läßt sich schließen, daß der Saum der Bogenflammen nur die Hauptserie emittiert und nichts von den Nebenserien, ferner eine tiefer im Innern der Bogenflamme liegende Schicht die erste und eine noch tiefere Schicht die zweite Nebenserie emittiert. In der Tat haben nun alle einzelnen Flammen im Spektroskop eine deutliche Aushöhlung, und zwar, wie ganz deutlich festgestellt werden kann, in der Weise, daß die Höhlung der Flammen der Hauptserie so groß ist, daß die Flammen der ersten Nebenserie genau hineinpassen, und die Höhlung der Flammen der ersten Nebenserien wieder so groß, daß die Flammen der zweiten Nebenserie hineinpassen. Mithin haben wir das folgende Ergebnis: „In Hinsicht der Lichtemission vorhandener Metalldämpfe besteht jede der beiden Flammen des Bogens aus einer Reihe umeinandergelagerter Mäntel, deren jeder eine der Spektralserien des Metalls für sich emittiert; den äußersten dieser Mäntel, der die Hauptserie umfaßt, nennen wir Saum. Da auch die Flammen der zweiten Nebenserie hohl sind, bleibt als Innerstes der Bogenflamme ein Kern, der entweder frei ist von der Lichtemission des

Metalles, oder aber noch unbeobachtet gebliebene Emissionen desselben enthält.“

In der Tat konnten dann auch beim Natrium in den Hohlräumen der zweiten Nebenserie Flammen einer bis dahin noch unbekanntes dritten Nebenserie gefunden werden, die keine Hohlräume zeigten, sondern sich zuweilen zu schmalen Fäden zusammgezogen. Die Duplizität, die bekanntlich bei den einzelnen Gliedern aller Serien des Natriums vorhanden ist, konnte entweder durch sehr geringe Dispersion zum Verschwinden gebracht oder durch sehr starke Dispersion sichtbar gemacht werden. Dann erschien jede Hohlflamme doppelt, von gleicher Größe und Form, so daß die Emissionszentren der Komponenten solcher Liniengruppen nicht räumlich getrennt sind. Als Gesamtergebnis führt LENARD an, daß jedes Metallatom im Bogen, während es darin die verschiedenen Flammenschichten passiert, eine Reihe verschiedener Zustände annimmt, deren es mindestens so viele gibt, als das betreffende Spektrum Serien enthält.

3. Über die Lichtemission der Alkalimetalldämpfe und Salze und über die Zentren dieser Emissionen (*Ann. der Phys.* XVII, 197, 1905). Die Fragestellung in dieser Arbeit lautet: Welche Lichtemissionen entsprechen den beiden Zuständen, in denen Metallatome (nach 1) in der Flamme vorkommen, nämlich dem elektrisch neutralen und dem positiv geladenen? Dabei wird zunächst gefunden, daß geschmolzene Alkalisalze als klare Perlen eine selektive Emission zeigen, die zwischen der Temperatur der Gelbglut und dem Schmelzpunkt des Platins auftritt und die ein kontinuierliches Spektrum zeigt. Es werden Untersuchungen angestellt, die dartun, daß diese farbige Glut der Salze als deren besondere Emission bei genügend hoher Temperatur aufzufassen ist. Und zwar scheint das Emissionszentrum dieser Glühfarbe das elektrolytische Kation des betreffenden Metalls zu sein, also das positiv geladene Alkalimetallatom.

Außer dem Serienspektrum zeigen bekanntlich die Alkalimetalle noch ein kontinuierliches Spektrum, das man als eine Übereinanderlagerung des kontinuierlichen Grundes und der spektralen Höfe der Hauptserienlinien auffassen kann. Diese letzteren scheinen lediglich Verbreiterungserscheinungen der Hauptserienlinien zu sein. Was den kontinuierlichen Grund anbelangt, so kommt LENARD zu dem Schluß, daß derselbe von demselben Zentren emittiert wird, die auch

das farbige Glühen der Alkalimetallsalze erregen, also nach dem eben Gesagten von den positiv geladenen Alkalimetallatomen.

Sodann wird mit demselben Instrument wie in (2) die räumliche Verteilung der Emission im Bunsenbrenner untersucht. Hierbei wird keine so scharfe Trennung der einzelnen Emissionen wie bei dem Bogen gefunden. Wichtig ist das Ergebnis, daß der Saum der Flamme nur die Hauptserie, nichts von den Nebenserien und dem kontinuierlichen Grund emittiert. Nun fehlt nach (1) in diesem Saum eine elektrische Wanderung gänzlich; daraus schließt LENARD, daß die Emissionszentren der Hauptserie elektrisch neutrale Metallatome sind. Gestützt wird diese Ansicht durch die Beobachtung von R. W. Wood, daß Natriumdampf nichts von einer Absorption irgendeiner der Nebenserien und des kontinuierlichen Grundes zeigt. Ferner ergab die genannte Untersuchung, daß der kontinuierliche Grund und die Nebenserienlinien in ihrem Erscheinen an dieselben Teile der Flamme gebunden sind; daraus schließt LENARD auf Gleichheit der Emissionszentren, so daß auch für die verschiedenen Nebenserien positiv elektrisch geladene Metallatome in Frage kommen. Und zwar führt er verschiedene Gründe dafür an, die die Vermutung nahe legen, daß ein Metallatom, das nur ein Elektron verloren hat, die erste Nebenserie, eins mit zwei verloren gegangenen Elektronen die zweite Nebenserie emittiert usw., jedoch müssen wir in dieser Beziehung auf die Originalarbeit verweisen. Ebenso kann hier nicht näher auseinandergesetzt werden, wie sich LENARD aus dem Einfluß der Umgebung auf die Zentren erklärt, daß dieselben Emissionszentren das eine Mal die Linienserien und das andere Mal den kontinuierlichen Grund emittieren. Alles das und noch manche anderen hierbei auftauchenden Fragen werden in der Originalarbeit in höchst geistvoller und durchaus diskutabler Weise behandelt. Nur ganz kurz mag noch erwähnt werden, daß das Entweichen von Elektronen aus den Metallatomen, die infolge von Reduktion in freiem Zustand in der Flamme vorkommen müssen, infolge von Nähewirkung geschehen soll.

4. Über die positiven Träger einer mit Metallsalzen gefärbten Flamme. (Dissertation von G. Ebert, Heidelberg 1911.) Uns interessieren hier die folgenden Resultate dieser Arbeit: Die Wanderungsgeschwindigkeit der positiven Träger ist eine Funktion der in der Zeiteinheit verdampfenden Salz-

menge; sie ist innerhalb eines bestimmten Bereiches minimaler Verdampfung konstant und wächst außerhalb dieses Gebietes mit steigender Verdampfungsgeschwindigkeit des Salzes. Sie ist von dem Druck der die Flamme umgebenden Luft unabhängig und wird vermindert durch die Gegenwart von Chlor.

5. Über Wesen und Geschwindigkeit metallischer Träger in Flammen. (Dissertation von da Costa Andrade, Heidelberg 1911.) Uns interessieren die Resultate: Das Vorhandensein glühender Metallelektroden ist für die Trägerbildung nicht erforderlich. Bei gleichem Metallgehalt ist die freie Elektronenzahl unabhängig vom Druck.

6. Über die Elektrizitätsleitung und Lichtemission metallhaltiger Flammen. (Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., 1911, 34. Abhandl.) Nach (3) können zwei Atome bei genügender gegenseitiger Annäherung Elektronen aus sich auslösen (Nähewirkung). Besonders die Metallatome, die leicht Elektronen verlieren, zeigen große Nähewirkungen. Sie spalten also beim Zusammenstoß Elektronen ab, aber hierbei wirkt nicht so sehr der Stoß elektronenbefreiend, sondern bloß die dabei erfolgende große Annäherung der Atome aneinander ist die Ursache für die Elektronenbefreiung. Es fragt sich nun, ob in den Flammen die Nähewirkung nur beim Zusammentreffen von Metallatom mit Metallatom, oder ob sie auch beim Zusammentreffen von Metallatomen mit anderen Atomen oder Molekülen in der Flamme stattfindet. Aus der in (4) und (5) festgestellten Unabhängigkeit der freien Elektronenzahl in der Flamme vom Druck läßt sich der Schluß ziehen, daß nur die Zusammenstöße der Metallatome untereinander Elektronen befreien. Unter dieser Annahme läßt sich für die elektrische Wanderung der Metallatome in der Flamme die folgende Beziehung herleiten:

$$\beta = \varphi \sqrt{\frac{q}{r}},$$

wobei β die Zahl der gleichzeitig positiv geladenen Metallatome, mithin auch den Bruchteil der Zeit bedeutet, während dessen je ein bestimmtes Metallatom positiv geladen ist; φ ist ein Maß für die Anzahl der freien, nicht chemisch gebundenen Metallatome pro cm^3 , q der Bruchteil der Zusammenstöße von freien, neutralen Metallatomen untereinander, der für Elektronenbefreiung wirksam ist;

endlich r der Rekombinationskoeffizient, dessen Produkt mit der Zahl der gaskinetischen Zusammenstöße die Zahl der Rückgänge von Elektronen zu den Metallatomen ergibt. Man sieht, daß β unabhängig ist von der Metallmenge n (vgl. 4), was sich nur unter der Annahme ergibt, daß nur Metallatome untereinander so von der Nähewirkung ergriffen werden können, daß sie Elektronen emittieren. Ferner zeigt die Gleichung, daß β mit q , also mit der Häufigkeit des chemisch ungebundenen Zustandes wachsen muß. Damit steht im besten Einklang die in (4) festgestellte Tatsache, daß Chlor die Wanderungsgeschwindigkeit der Träger vermindert; denn Chlor bindet die freien Metallatome chemisch zu Chlorid, macht sie also für die Nähewirkung unwirksam.

Betrachtet man den komplizierteren Fall, daß sich heiße Elektroden in der Flamme befinden, so kommen für die Elektronenerzeugung noch andere Vorgänge in Betracht, deren angenäherte Berücksichtigung aber ebenfalls möglich ist, so daß es gelingt, auch diesen Fall mathematisch zu formulieren. Wir wollen hierauf hier nicht näher eingehen, sondern nur kurz angeben, daß das erhaltene Resultat in überraschend vollkommener Weise imstande ist, alle die Gesetzmäßigkeiten wiederzugeben, welche im Laufe der Zeit für die Elektrizitätsleitung durch metallhaltige Flammen gefunden worden sind und deren theoretische Interpretierung bisher immer vergebens versucht worden ist. Näheres bringt in aller Ausführlichkeit die Originalabhandlung.

Die Lichtemission der Metalle in den Flammen betreffend sei erwähnt, daß dieselbe wahrscheinlich bei den Zusammenstößen der freien Metallatome mit Molekülen der Flammengase erregt wird. Besteht diese Erregung in zeitweiliger Entziehung und schneller Rückkehr eines Elektrons des Metallatoms, so wäre damit die Rückkehr eines Elektrons auch hier als Erregung der Lichtemission des Metallatoms wirksam, genau wie es nach LENARD bei der Phosphoreszenz der Fall ist.

7. Über Elektrizitätsleitung durch freie Elektronen und Träger (I in den *Ann. der Phys.* **XL**, 393, 1913; II in den *Ann. der Phys.* **XLI**, 53, 1913; beide Teile kurz zusammengefaßt in den *Sitzungsber. der Heidelberger Akad. d. Wiss.* 1913, *Abh.* 1). Das Wesentliche dieser durchaus mathematisch gehaltenen Abhandlungen (auf deren eingehende Referierung hier naturgemäß verzichtet werden muß, die aber dem näher interessierten Leser

sehr zur genaueren Durchsicht empfohlen werden können, da sie durchaus klar und leicht verständlich geschrieben sind) besteht darin, daß zum ersten Male quantitativ die Möglichkeit erwogen wird, daß ein Elektron bei seiner Bewegung zwischen materiellen Atomen und Molekülen nicht nur an diesen reflektiert, sondern auch von ihnen absorbiert, dann wieder freigelassen, wieder absorbiert usw. wird. Es ergeben sich dabei Gleichungen, die zu besonderen Vorstellungen über den Mechanismus der Elektronenbewegungen führen und die mit aller vorhandenen Erfahrung in bester Übereinstimmung stehen.

8. Über Elektronen und Metallatome in Flammen (*Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss.* 1914, *Abh.* 17). In dieser umfangreichen Abhandlung werden die in (7) gewonnenen Ergebnisse auf die Bewegungsvorgänge und die Lichtemission in Flammen übertragen, und zwar auf Grund der Vorstellungen, die in den vorhergehenden Arbeiten entwickelt worden sind. Auch der Inhalt dieser durchaus theoretisch gehaltenen Abhandlung kann hier nicht ausführlicher wiedergegeben werden, da ihr reicher Inhalt wegen seines meistens mathematischen Gewandes eine kürzere Darstellung unmöglich macht.

Harry Schmidt.

Strahlung glühender Körper. Für die Bestimmung hoher Temperaturen durch Strahlungsmessungen hat LUMMER verschiedene Methoden ausgearbeitet, die von ihm und, auf seine Veranlassung, von ELISABETH BENEDICT auf die Temperaturbestimmung elektrischer Glüh- und Bogenlampen angewandt wurden¹⁾. Ein Kohlerohr in geschlossener Hülle von Quarzglas wurde elektrisch geheizt und seine Temperatur im Innern durch ein isoliert eingeführtes Thermoelement gemessen. Vor einem ebenen Fenster der Quarzhülle stand eine Kohlenfadenglühlampe, deren Energie so lange reguliert wurde, bis der mittelste Teil des Kohlenfadens auf dem Kohlerohr verschwand. Dann haben beide gleiche Helligkeit, also auch gleiche Temperatur. Betrachtet man die Kohle als schwarzen Körper, so müßte nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz die Gleichung $0,2388 V \cdot J = \sigma \cdot F \cdot T^4$ gelten, worin V die Spannung zwischen den Enden des Kohlefadens, J die

¹⁾ Elektrotechn. Zeitschr. **34**, 1428 (1913); *Ann. d. Physik* **47**, 641 (1915); ferner: Lummer, Verflüssigung d. Kohle u. Herstellung d. Sonnentemperatur (Vieweg & Sohn 1914); *ds. Zeitschr.* **27**, 350.

Stromstärke, F die Oberfläche des Fadens, T die absolute Temperatur, σ die Konstante des Stefanschen Gesetzes ($= 1,38 \cdot 10^{-12}$) bedeuten. Da die nach dieser Formel berechnete Temperatur für alle V und J kleiner war als die beobachtete, so kann die Kohle nicht als „schwarzer“, sondern nur als „grauer“ Körper gelten, d. h. als ein Körper, der stets weniger als ein schwarzer, aber für alle Wellenlängen gleich viel weniger, ausstrahlt. Aus den Beobachtungen ließ sich nun die Konstante σ für die „grau“ strahlende Kohle zu $0,725 \cdot 10^{-12}$ berechnen, und man erhielt dann aus der Formel die Temperatur $T = 2066^\circ$ abs, die mit den beobachteten gut übereinstimmt. Um die Abhängigkeit der Lichtstärke von der Temperatur zu bestimmen, wurde jene in Hefner Kerzen (HK) photometrisch gemessen und bei verschiedenem Wattverbrauch (W) die Temperatur aus dem Strahlungsgesetz berechnet. Aus der Kurve, deren Abszisse T , deren Ordinate W/HK ist, ermittelte LUMMER die Temperatur des Kohlenfadens bei jeder Belastung. Es zeigte sich, daß man T nur von 2100° auf 2182° abs zu erhöhen braucht, um aus einer 4,4-Watt-Lampe eine 3,2-Watt-Lampe zu machen. Aus der von Lummer und Pringsheim schon früher für den schwarzen und grauen Körper gefundenen Beziehung $\lambda_m \cdot T = 2940$, wo T die Temperatur ist, deren Energiemaximum bei der Wellenlänge λ_m liegt, ergibt sich für die Kohlenfadenlampe, bei der $\lambda_m = 1,4 \mu$ war: $T = 2940/1,14 = 2100^\circ$. Das ist eine gute Übereinstimmung, die ebenfalls dafür spricht, daß die Kohle wie ein grauer Körper strahlt.

Eine andere Temperaturbestimmung ergab sich aus der Benutzung der logarithmischen Isochromaten. Das Emissionsvermögen E_λ bei der Wellenlänge λ wird nach Planck und Wien dargestellt durch die Gleichung $E_\lambda = c_1 \cdot \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}$ oder logarithmiert: $\log E_\lambda = \log (c_1 \cdot \lambda^{-5}) - \frac{c_2}{\lambda T} \cdot \log e$. Daraus folgt, daß $\log E_\lambda$ eine lineare Funktion von $1/T$, d. h. daß die diese Funktion darstellende Kurve eine gerade Linie ist. Diese für verschiedene Wellenlängen bestimmten „logarithmischen Isochromaten“ schneiden sich in einem Punkte, sobald die zur Bestimmung von E benutzte Vergleichslichtquelle wie ein schwarzer oder grauer Körper strahlt. Die Lage des Schnittpunkts ergibt dann die wahre Temperatur der Vergleichslichtquelle. Bei den Versuchen wurde der Lummer-Kurlbaumsche schwarze Körper, dessen Temperatur ein Thermoelement maß, mit einer grad-

fadigen Kohlenfadenglühlampe verglichen; der Vergleich wurde mit einem Spektralphotometer für 5 Wellenlängen bei 6 verschiedenen Temperaturen ausgeführt. Die Abszisse des Schnittpunkts der 5 logarithmischen Isochromaten lag bei $1/T = 4,86 \cdot 10^{-4}$, woraus sich die Temperatur des Kohlenfadens $T = 2057^\circ$ abs. ergibt, was auch wieder gut mit den andern Werten übereinstimmt. Wenn man statt des schwarzen Körpers eine konstante Kohlenfadenlampe nahm, die mit einer variablen Kohlenfadenlampe verglichen wurde, so waren die hierbei erhaltenen logarithmischen Isochromaten ebenso geradlinig und gingen ebenfalls durch einen Punkt. Diese „grauen“ Isochromaten ließen sich bis zu 3000° verfolgen, während die höchste mit der schwarzen Strahlung erreichbare Temperatur, wegen des Schmelzpunkts der Lötstelle des Thermoelements, bei 2000° lag.

Es wurden ferner mit dem positiven Krater der Bogenlampe als Vergleichslichtquelle die schwarzen und grauen logarithmischen Isochromaten aufgenommen. Auch hier erhielt man einen einzigen Schnittpunkt, ein Beweis, daß auch die Bogenlampe wie ein grauer Körper strahlt. Die erhaltene Temperatur war 4200 bzw. 4207° abs. Aus dem Wienschen Verschiebungsgesetz erhält man völlig übereinstimmend 4200° . Wurde als Vergleichslichtquelle ein selektiv strahlender Körper, z. B. eine Platin-Glühlampe, verwendet, so lieferten die logarithmischen Isochromaten keinen gemeinsamen Schnittpunkt. Aus den Untersuchungen von Hagen und Rubens über das Reflexionsvermögen des Platins gelangt man zu der Beziehung $A_\lambda = c \cdot \lambda^{-0,8}$, wo A_λ das Absorptionsvermögen bei der Wellenlänge λ bedeutet. Setzt man dieses dem Emissionsvermögen E_λ gleich, so wäre in der Gleichung der logarithmischen Isochromaten $\log E_\lambda$ durch $(\log E_\lambda - \log \lambda^{0,8})$ zu ersetzen. Dadurch erhält man eine parallele Verschiebung der Isochromaten, und nun schneiden sie sich auch in einem Punkte. Dieser Schnittpunkt ergab für die Platin-Glühlampe eine Temperatur, die mit der aus dem jeweiligen Wattverbrauch berechneten genügend übereinstimmte. Auch die Osmium-, die Osrاملampe und der Auerbrenner ergaben logarithmische Isochromaten ohne gemeinsamen Schnittpunkt, also selektive Strahlung. Ein Nernstfaden gab bei geringen Stromstärken ($0,4-0,8$ Amp) mehrere Schnittpunkte, bei normaler Belastung aber nur einen Schnittpunkt, aus dem die Temperatur 2445° abs folgte. Die Emission des Nernstfadens ist

also bei tiefen Temperaturen selektiv und nähert sich bei höheren Temperaturen der Emission der schwarzen bzw. grauen Strahlung.

Ob für die in Flammen leuchtenden Gase das Kirchhoffsche Strahlungsgesetz giltig ist, d. h. ob sie allein auf Kosten von Wärme Strahlung aussenden und alle absorbierte Strahlung in Wärme umsetzen, hatte Kirchhoff selbst wohl angenommen, aber keinen strengen Beweis dafür gegeben. Das Kirchhoffsche Gesetz ist aber offenbar erfüllt, wenn die wahre Temperatur der Flamme T gleich der auf Grund des Planckschen Gesetzes ermittelten Temperatur T_1 ist, bei welcher das Emissionsvermögen e_{λ, T_1} des schwarzen Körpers gleich dem Verhältnis E_{λ}/A_{λ} ist, wo E das Emissions-, A das Absorptionsvermögen des strahlenden Körpers für die Wellenlänge λ bedeutet. Die Bestimmung von T_1 erfolgt am besten nach Féry durch Linienumkehr. Man betrachtet im Spektrometer das kontinuierliche Spektrum einer Lichtquelle, deren Strahlen das zu untersuchende glühende Gas durchsetzen. Je nach der Intensität der Lichtquelle hebt sich die von dem Gas emittierte Spektrallinie hell oder dunkel von dem kontinuierlichen Spektrum ab und verschwindet, wenn die umkehrende Lichtquelle gerade die „schwarze“ Temperatur T_1 hat. T_1 wird dann durch Vergleich mit dem schwarzen Körper oder mit einem geeichten optischen Pyrometer bestimmt. Auf Anregung von Lummer und Pringsheim hat Hedwig Kohn eine Prüfung des Kirchhoffschen Gesetzes für die Emissionslinien der in der Bunsenflamme leuchtenden Alkalimetalldämpfe durchgeführt, indem gleichzeitig die wahre Temperatur und die Umkehrtemperatur mit größter Genauigkeit bestimmt wurden²⁾. Durch relative Messungen wurde zunächst nachgewiesen, daß die Umkehrtemperatur innerhalb 5–8° unabhängig ist 1) von der Dispersion, 2) von der Dichte des leuchtenden Dampfs, 3) von der Art des in die Flamme eingeführten Salzes. Die Beobachtungen fanden an den roten K -Linien, den Na -, Li -, Tl -Linien und an den violetten Rb -Linien statt. Zur Ermittlung der wahren Flammentemperatur diente die Methode von H. Schmidt, bei der ein schwer schmelzbarer Draht in die Flamme eingeführt und dessen ausgestrahlte Energie durch elektrisches Nachheizen wieder ersetzt wird. Als Lichtquelle diente ein horizontaler Nernstfaden, der durch eine Linse

in der Mitte der Flamme eines rechteckigen Bec-Méker-Brenners abgebildet wurde; Flamme und Bild wurden durch eine zweite Linse auf den Spektrometerspalt projiziert. Die Helligkeit des Nernstfadens wurde durch Variieren des Heizstroms verändert. Die Eichung der Fäden als schwarze Körper erfolgte nach der spektrophotometrischen Methode von Kurlbaum und Schulze, wobei die Stromstärken ermittelt werden, bei denen er dieselbe Helligkeit wie der schwarze Körper hat. Aus dem ebenfalls zu bestimmenden Helligkeitsverhältnis zwischen Faden und Bild wird aus der Temperatur des Fadens auf die des Bildes geschlossen; diese ist dann die gesuchte Umkehrtemperatur der Flamme. Zur Bestimmung der wahren Temperatur diente ein Platinrhodiumdraht, der parallel zum Strahlengang des Nernstfadens in die Flamme gelegt wurde. Zunächst wurde mit dem optischen Pyrometer von Holborn-Kurlbaum die schwarze Temperatur des Drahtes gemessen und aus dieser mit Hilfe der Wienschen Formel die wahre Temperatur bestimmt. Durch einen besonderen Heizstrom wurde der Energieverlust des Drahtes ersetzt; es zeigte sich, daß mit wachsender Stärke des Heizstroms der Unterschied zwischen Draht- und Umkehrtemperatur immer geringer wurde. Im allgemeinen zeigten die Messungen mit einer Genauigkeit von $\pm 10^\circ$, daß zwischen 900 und 1800° die Umkehrtemperatur der in der Flamme leuchtenden Alkalimetalldämpfe mit der wahren Temperatur der Flamme identisch ist. Diese leuchtenden Dämpfe folgen mithin dem Kirchhoffschen Gesetz und sind als reine Temperaturstrahler zu betrachten. Nach der Umkehrmethode wird daher auch die wahre Temperatur einer Flamme in einwandfreier Weise gemessen.

Zur Ergänzung dieser Messungen dienten Versuche mit einer „kalten“ Schwefelkohlenstoffflamme, deren Temperatur man nach Pringsheim durch geeignete Änderung des Mischungsverhältnisses von Luft und CS_2 innerhalb äußerst weiter Grenzen verändern kann; bei 150° C gibt sie ein kontinuierliches Spektrum. Durch allmähliche Temperaturerhöhung einer solchen Flamme wurde dann mit Hilfe eines eingeführten Meßdrahts festgestellt, daß die D -Linien des Natriumdampfs bei etwa 670° C auftauchten bzw. verschwanden, d. h. oberhalb der für Temperaturstrahler geltenden unteren Grenze. Die „kalte“ Flamme, bei der das Erscheinen der Na -Linien auf Lumineszenzvorgänge zurückzuführen wäre, vermag sie nicht zu erzeugen.

²⁾ Ann. d. Physik 44, 749 (1914).

Auf Anregung von R. Ladenburg suchte ebenfalls im Breslauer Laboratorium H. SENFTLEBEN die Zahl der in leuchtendem Natriumdampf vorhandenen Emissionszentren und deren Beziehungen zur Helligkeit der Spektrallinien zu bestimmen³⁾. Der Verf. geht aus von der Voigtschen Theorie, in der die Zahl der Emissionszentren berechnet wird aus der magnetischen Drehung der Polarisationssebene, wie sie in der Nähe der Absorptionslinien zu beobachten ist. Nach jener Theorie ist die Drehung χ eine Funktion der Größe $\rho = 4\pi N(e^2/m)$, wo N die Zahl der an der Absorption beteiligten Elektronen, e und m die Ladung und Masse eines Elektrons sind. Zur Bestimmung der Drehung χ in einer Entfernung δ von jeder der beiden D -Linien erwies sich die Methode der Savartschen Platte am geeignetsten. Die spektrale Zerlegung wurde mit einem Michelsonschen Gitter vorgenommen, das 600 Striche auf 1 mm hatte. Die mit zerstäubter Salzlösung gefärbte Flamme befand sich zwischen den Polschuhen eines Elektromagneten, dessen Feldstärke aus der magnetischen Drehung der Polarisationssebene in Schwefelkohlenstoff bestimmt wurde. Die Messungen ergaben zunächst die von der Theorie geforderte Konstanz des Produktes $\chi \cdot \delta^2$. Mit Hilfe der Voigtschen Formel wurde dann aus den gemessenen Werten von χ und δ die Größe ρ berechnet. Es ergab sich bei einer mittleren Dampfdichte: $\rho_{D_1} = 116 \cdot 10^{21}$, $\rho_{D_2} = 250 \cdot 10^{21}$. Daraus berechnete sich die Zahl der leuchtenden Teile: $N_{D_1} = 3,76 \cdot 10^{13}$, $N_{D_2} = 8,1 \cdot 10^{13}$.

Zur Messung der Helligkeit der Flamme diente ein König-Martenssches Spektralphotometer. Dabei wurde nur der Teil der Flamme ausgesondert, in dem gleichzeitig die Zahl der Emissionszentren gemessen wurde. Das von Ladenburg und Reiche aus der Theorie abgeleitete Gesetz, daß bei nicht zu kleiner Dampfdichte die Helligkeit proportional der Wurzel aus der Zahl der Emissionszentren sei, wurde sehr genau bestätigt gefunden. Auch die Temperatur der Flamme bestimmte der Verf. mit der vorhin beschriebenen Methode der Linienumkehr. Die Temperatur wurde dann durch Änderung der Zusammensetzung des Gas-Luftgemisches variiert, während die Zahl der aus dem Zerstäuber kommenden Natriumteile unverändert blieb. Es zeigte sich, daß eine Variation der Flammentemperatur von nur 1,5 % eine Ände-

rung der Zahl der Emissionszentren von 25 % hervorruft. Das Verhältnis der Zahl der in den beiden D -Linien emittierenden Zentren war ziemlich genau gleich zwei und zeigte keine Änderung mit der Dampfdichte und Temperatur der Flammen. *Schk.*

Die Elektronenemission glühender Metalle wurde von W. SCHLICHTER nach neuen Gesichtspunkten hin untersucht¹⁾. Stellt man einem glühenden Metallkörper im Vakuum ein kühles Metall gegenüber, so sendet jenes elektrisch geladene Teilchen aus, die von der kühlen Elektrode aufgefangen werden und in einem äußeren Schließungskreis einen Strom erzeugen. Bei der gewöhnlichen Untersuchung wird in den so erhaltenen Stromkreis eine regulierbare elektromotorische Kraft von solcher Richtung eingeschaltet, daß sie die an der Glühelektrode erzeugten Elektronen befördert; man mißt dann den „Sättigungsstrom“, bei dem das Hilfsfeld ebenso viele Elektronen fortführt als in derselben Zeit erzeugt werden. Dies ist aber eine gewissermaßen erzwungene Wirkung des Glühlements. Will man dieses richtig kennen lernen, so muß man seine spontane Wirkungsweise untersuchen, bei der ein solches Hilfsfeld fortfällt. Die Erhitzung der Glühelektrode wurde bisher immer direkt durch einen Heizstrom vorgenommen, der aber auch selbst wieder zur Elektronenemission beiträgt. Um die spontane Wirkung ganz rein zu erhalten, wurde der Heizstrom nicht durch die Glühelektrode selbst geleitet, sondern führte ihm nur indirekt von außen Wärme zu. Der hauptsächlich angewandte Apparat bestand aus einer doppelwandigen Quarzröhre, von der Grundform eines Dewarschen Gefäßes; die Glühelektrode umkleidete in Form eines Platinbeckers auf der Vakuumseite die unterste Kuppe der inneren Röhre; ihr gegenüber stand in Form eines weiteren Platinbeckers die an der Innenseite der äußeren Wandung anliegende kühle Elektrode. Die Heizeinrichtung bestand aus einem mit Platindrähten durchzogenen, mit Pt -blech umhüllten Chamottekörper, der in den untersten Teil der inneren Quarzröhre gebracht und mit Quarzsand bedeckt wurde. Zur Kühlung der äußeren Elektrode befand sich der ganze Apparat in Wasser, das von einer Kühlschlange durchzogen wurde. Die Versuche ergaben zunächst die schon bekannte Tatsache, daß die geglühte Platinelektrode anfangs vorzugsweise posi-

³⁾ Ann. d. Physik 47, 949 (1915).

¹⁾ Ann. d. Physik 47, 573 (1915).

tive Ionen entsendet. Bei einer Versuchsreihe wurde die Elektrode 7 Stunden lang auf einer konstanten Temperatur von 900° gehalten. Der „spontane Kurzschlußstrom“ i_0 war hier positiv und nahm mit der Zeit ab; gleichzeitig erhielt man einen starken positiven, aber nur geringen negativen Sättigungsstrom i_s ; das Verhältnis $i_s:i_0$ war im Mittel 7,5. Dann wurde die Elektrode 24 Stunden lang auf 1100° gehalten. Hier war der spontane Strom zunächst auch positiv; in der 6. Glühstunde überschritt der Galvanometerausschlag den Nullpunkt, um dann nach der negativen Seite anzusteigen. Es scheint, als wenn bis zur 3. Stunde die positive Emission allein vorhanden und durch deren Anwesenheit der freie Austritt der Elektronen gehemmt würde. Das Verhältnis $-i_s:i_0$ wurde mit der Glühdauer immer kleiner und sank auf 1,5 herab. Dieser Unterschied von i_s und i_0 beruht nach Überlegungen des Verf. auf einer Unreinheit der Elektrode durch okkludierte Gase; längeres Glühen bewirkt deren Austritt und damit die Annäherung an den Grenzzustand, bei dem $i = i_0$ werden muß. Die Abhängigkeit des Glühstroms von der Temperatur T läßt sich nach Richardson und Wilson durch die Formel $j = A \cdot T^2 e^{-\frac{\phi}{KT}}$ darstellen, wo j die auf 1 qcm Glühfläche berechneten Stromstärke (die Stromdichte), A eine Konstante, ϕ die mittlere Austrittsarbeit des einzelnen Elektrons in Erg, K die auf das einzelne Elektron bezogene Gaskonstante bedeuten. Die Formel läßt sich sowohl auf den Sättigungs- als auf den spon-

tanen Strom anwenden. Theoretische Überlegungen führten den Verf. zu der Ansicht, daß adsorbierte Gasschichten eine Hemmung, okkludierte eine Förderung der Elektronenemission bewirken. Die Größe ϕ wird durch okkludierten Gehalt verkleinert, durch adsorbierten vergrößert; A folgt der Änderung von ϕ in demselben Sinne. Wurde die Elektrode vorher stark mit Salpetersäure behandelt, so zeigte sie eine starke positive aber fast gar keine negative Emission. Das würde darauf hindeuten, daß durch jene Behandlung das ganze Elektrodenmaterial so umgestaltet wird, daß sich positive Ionen auch aus dem Innern loslösen können. — Entsprechende Versuche wurden auch mit einer Glühlektrode aus Nickel vorgenommen. Hier ging die positive Emission sehr rasch zurück; dem spontanen Strom stand bei 1000° C ein sehr starker Sättigungsstrom gegenüber, das Verhältnis $j_s:j_0$ blieb dauernd etwa $= 1000$. Bei der großen Empfindlichkeit der Nickelelektrode gegen Einfügen von Hilfsspannungen wirkt der glühelétrische Kreis als Detektor elektrischer Schwingungen.

Die Anwendung der Glühlektrode kann sowohl bei Platin als bei Nickel zur Herstellung eines Glühlements dienen, bei dem dauernd Wärmeenergie in elektrische Energie umgesetzt wird. Die vom Verf. entwickelte Theorie des Glühlements führt zu dem Schlusse, daß das Glühlement zwar wegen des hohen Strahlungsverlustes unökonomisch ist, aber innerhalb der nach Abzug der Strahlung verbleibenden Naturgesetzlichkeit mit beträchtlich hohem Nutzeffekt arbeitet.

Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Zur Geschichte und Theorie der Camera obscura. Von J. WÜRSCHMIDT (*Zeitschr. f. d. math. u. naturw. Unterr.* **46**, Heft 9, 1915). In den Physiklehrbüchern findet man bestenfalls die Angabe, daß die Camera obscura von Giambattista della Porta (1538–1615) erfunden worden sei; dies trifft auch insofern zu, als Porta der erste war, der statt des bloßen Loches eine Konvexlinse zur Erzeugung deutlicher Bilder verwandte. Die Camera obscura ohne Linse dagegen, die eigentliche Lochkamera, ist viel älter, worüber bereits O. Werner in einer Dissertation „Zur Physik Leonardo da Vincis“ (Erlangen 1910) ausführlichere Mitteilungen gemacht hat. Die erste Erwähnung der Abbildung eines leuchtenden Gegenstandes durch eine enge Öffnung findet sich in den pseudoaristotelischen „Pro-

blemata“. Hier wird angegeben, daß die Sonne auch durch quadratische Öffnungen kreisförmige Bilder erzeuge, daß aber bei einer Sonnenfinsternis eine sichelförmige Abbildung entstehe. Es spricht — entgegen manchen irrigen Darstellungen — für eine schon ziemlich entwickelte Naturbeobachtung bei den Alten, wenn auch erwähnt wird, daß ein solches sichelförmiges Bild bei dem zu- oder abnehmenden Monde nicht beobachtet werden konnte. (Die Ursache hiervon glaubt der Verfasser der vorliegenden Abhandlung darin sehen zu sollen, daß infolge der sehr geringen Intensität des Mondlichtes die Spitzen der Mondsichel in dem Bilde abgerundet erscheinen.) Eine genügende Erklärung für das durch eine enge Öffnung erzeugte Bild vermochte der unbekanntere Verfasser der „Problemata“

noch nicht zu geben. Dies gelang erst einem der größten arabischen Physiker Ibn al Haitam (Alhazen), nachdem schon al Kindi (etwa 800) den Strahlengang von einem leuchtenden Körper durch eine enge Öffnung zu einer Tafel richtig dargestellt hatte, ohne jedoch von der Umkehrung des Bildes zu sprechen. Ibn al Haitam hat auch einen im wesentlichen richtigen Beweis für die sichelförmige Abbildung der verfinsterten Sonne gegeben (nach E. Wiedemann, Sitzber., Erlangen 1907). Bei dem Kommentator al Haitams, Kamâl al Dîn (etwa 1320) wird die Kamera zum erstenmal auch auf irdische Gegenstände angewendet und die Abbildung einer Wolke, eines Vogels, eines farbigen Papiers besprochen.

Die abendländischen Gelehrten des Mittelalters sind nicht wesentlich über die Kenntnisse der Araber, an die sie sich anlehnten, hinausgegangen. So erörtert Roger Bacon die Abbildung der Sonne durch eine dreieckige Öffnung und gibt einen wenn auch ungenügenden Erklärungsversuch. Im 14. Jahrhundert hat Levi ben Gerson die Kamera zu Beobachtungen bei Sonnen- und Mondfinsternissen benutzt. Besonders aber hat Leonardo da Vinci (1452–1519) vollständig richtige Beobachtungen mit runden wie auch mit eckigen Öffnungen gemacht. Nach ihm hat Kepler (1571–1630) die Lochkamera in den Paralipomena ad Vitellionem sehr eingehend behandelt. Er zeigt, daß das Sonnenbild um so ähnlicher wird, je größer die Bildweite ist, vorausgesetzt, daß das Verhältnis des Loch-

durchmessers zur Bildweite kleiner ist als das des Sonnendurchmessers zur Gegenstandsweite.

Der Verfasser tritt noch in Erörterungen über Theorie und Praxis der Lochkamera ein und behandelt eingehend die Frage, unter welchen Bedingungen durch eine Öffnung eine Abbildung des Gegenstandes, und unter welchen eine solche der Öffnung entsteht, eine Frage, die in Lehrbüchern meist übergangen wird. Er faßt die Resultate seiner Untersuchung folgendermaßen zusammen: Von fernen Gegenständen entstehen dann einigermaßen scharfe Bilder, wenn Gegenstandsweite und -größe groß gegen die Bildweite sind, diese aber noch groß gegen die Öffnung ist. Der (mathematisch definierte) Grad der Unschärfe ist dabei von der Größenordnung der Öffnung, kann also durch Wahl einer engen Öffnung sehr klein gemacht werden, solange nur die Flächenhelligkeit des Bildes groß genug bleibt. Dagegen entsteht eine einigermaßen scharfe Abbildung der Öffnung, wenn die Gegenstandsweite groß gegen die Bildweite, und die Öffnung von der Größenordnung des Bildes ist.

Die praktische Prüfung dieser Resultate im Hinblick auf photographische Zwecke ergab, daß bei Landschaftsaufnahmen Öffnungen von 1 mm Durchmesser noch etwas unscharfe Bilder ergaben, dagegen eine Öffnung von 0,2 mm schon gut zur photographischen Reproduktion geeignet war. Die Expositionsdauer betrug in diesem Fall etwa 21 Minuten.

P.

4. Unterricht und Methode.

Naturwissenschaften, Krieg und nationale Erziehung. Über dieses wichtige und hervorragend zeitgemäße Thema hat H. E. TIERDING, der derzeitige Vorsitzende des Deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, zwei Aufsätze veröffentlicht. Der eine ist unter dem Titel „Die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer und der Krieg“ in den „Neuen Jahrbüchern für Pädagogik 1915“ (II. Abt. XXXVI. Bd., 5. Heft, S. 260–271) erschienen. Der Krieg ist, wie T. ausführt, nicht nur eine Schicksalsprüfung, sondern auch eine Gelegenheit, alle Kräfte des Körpers und des Geistes zu entfalten. Dies ist, was die körperliche Seite betrifft, jedem klar. „Aber daß der Krieg zu seiner glücklichen Beendigung auch eine gewaltige Summe geistiger Anstrengung verlangt, daß er auf einer Fülle

scharfsinniger Entdeckungen, feinsten technischer Arbeit und fortwährend angespornter Denkarbeit beruht, gerade das verdunkelt sich leicht dem Blick. Dafür das Verständnis nicht untergehen zu lassen, wird in der Zukunft eine wichtige Aufgabe der Schule sein, und dazu können die naturwissenschaftlichen Fächer vor allen anderen helfen.“ „Die unmittelbare sachliche Belehrung ist nicht minder bedeutsam, als die Erweckung des vaterländischen Sinnes. Jede Gefühls-erhebung erleidet einen Rückschlag, wenn sie nicht beständig durch neue Ereignisse hochgehalten wird. Dagegen hat die sachliche Belehrung den ungeheuren Vorzug, daß sie keiner Reaktion unterworfen ist, und deshalb ist sie auch das beste Stützmittel für die Aufrechterhaltung des patriotischen Empfindens.“

Von diesem Gesichtspunkte aus ist es wichtig, daß der Schüler ein gewisses Verständnis für die technische Produktion empfängt, auf der die gewaltigsten Kräfte unseres Vaterlandes beruhen. Es muß auch gezeigt werden, wie die Technik nach und nach alle Gebiete des wirtschaftlichen Lebens, so namentlich auch die Landwirtschaft, ergreift und unter ihre Herrschaft bringt. Im jetzigen Kriege sind die Leistungen der Technik in den Mittelpunkt des Interesses gerückt; daher ist die Gelegenheit günstiger als je, das Verständnis für die Technik bei den Schülern zu wecken. Wir haben auch jetzt erst voll erkannt, wie wichtig es ist, den Boden in der Heimat voll auszunutzen (Urbarmachung der Moore), aber auch die vorhandene Produktion namentlich an Getreide und Futtermitteln in rationeller Weise für die Volksernährung zu verwerten. Die Gesichtspunkte der Sparsamkeit, der weisen Einteilung, des vernünftigen Maßhaltens, der möglichsten Ausnutzung des Vorhandenen sind Gesichtspunkte, die dem naturwissenschaftlichen Denken durchaus angepaßt sind, und die wir aus der Naturbeobachtung lernen können; die Natur ist hier wie sonst unsere große Lehrmeisterin. Insbesondere bildet die Idee der Nutzbarkeit einen herrschenden Begriff auch innerhalb der Naturwissenschaft. Man denke an die Ausnutzung der Energiemengen chemischer Verbindungen, den Nutzeffekt der Maschinen, den höheren Nutzungswert des überhitzten Wasserdampfs u. dgl. m. Und auch der Begriff der Ökonomie selbst ist in der Naturwissenschaft durch gewisse mechanische Prinzipien klar vorgezeichnet, in entsprechender Weise wie der Begriff der staatlichen Ordnung durch das zweckmäßige Zusammenwirken der Glieder eines Organismus.

Wenn für die Erziehung der Jugend zu nützlichen Staatsgliedern neuerdings auch die militärische Vorbereitung ins Werk gesetzt ist, so ist auch für diese eine wirkungsvolle Ergänzung durch praktische Übungen in der Orientierung im Gelände durchaus am Platze; namentlich auch im Hinblick darauf, daß die Schüler der höheren Lehranstalten zum großen Teil dereinst als Reserveoffiziere oder auch als aktive Offiziere dem Heere angehören werden. Die Anlegung von Behelfsbrücken, Unterkunftsstätten, Feuerstellen u. dgl. erfordert naturwissenschaftliche Kenntnisse, die sehr wohl schon von der Schule mitgegeben werden können. Neben der Festigkeitslehre bieten auch Wärme- und Elektrizitätslehre hierfür mannigfache Anregung.

Der naturwissenschaftliche Unterricht hat demnach seine Beziehung zu den vaterländischen Aufgaben, die auch in Zukunft im Mittelpunkt des Erziehungswesens stehen werden, darin zu erblicken, daß er ein gewisses Maß positiver Kenntnisse übermittelt und zu der sicheren und zielbewußten Durchführung der damit zusammenhängenden Aufgaben erzieht. Es wird dem Schüler so begreiflich werden, daß auch die abstrakten und scheinbar nutzlosen Dinge, die man von ihm verlangt, zur vollen Bewältigung der Wirklichkeit dienen. Die geistesbildende Kraft allein haben die Naturwissenschaften mit anderen Fächern gemein; aber die nahe Beziehung zur Erfassung und Beherrschung der Wirklichkeit ist ihr besonderer Vorzug und muß auf der Schule gehörig zur Geltung kommen. —

In einer zweiten Abhandlung (*Monatsschrift f. h. Schulen*, 1915, S. 241 ff.) behandelt H. E. TIMERDING den „Anteil der naturwissenschaftlichen Lehrfächer an der nationalen Erziehung“. Er betont hier noch stärker als in dem ersten Aufsatz eine Zweckbestimmung der Schule aus den vaterländischen Aufgaben heraus. Diese scheint im Widerspruch zu stehen mit dem Ideal einer rein menschlichen Erziehung und Gesittung, wie es bisher vorzugsweise auf unsern h. Schulen gepflegt worden ist. Aber das alte humanistische Ideal, das sich von jeder Beziehung zu praktischen Erziehungszwecken außer dem der Heranbildung zur wissenschaftlichen Arbeit gefessentlich fernhielt, ist der Gegenwart und ihren Anforderungen nicht mehr angepaßt. Dies wird von namhaften klassischen Philologen selbst zugegeben, die das Altertum als eine Quelle der praktischen Geistesbildung auffassen und auch auf den Wert der antiken Technik hinweisen. Sind doch gerade die Griechen auch das deutlichste Beispiel dafür, wie kraftvolle Erfassung des praktischen Lebens sich sehr gut mit Schönheitssinn und Kunstfreude vereinigen läßt; und vermag man doch auch an dem klassischen Altertum Sinn und Verständnis für die politischen Aufgaben der Gegenwart zu erwecken.

Was nun die naturwissenschaftlichen Fächer betrifft, so scheinen diese für eine nationale Erziehung nach einer weitverbreiteten Ansicht gar nicht in Betracht zu kommen. Sie sind, so sagt man, ihrem Wesen nach international, ihre Erkenntnisse sind an keine nationalen Schranken und keine völkische Eigenart gebunden. Nun dürfen wir uns

durch die Kriegszeit zwar nicht verleiten lassen, zu glauben, daß es nicht auch nationale Aufgaben gäbe, die in gutem Einvernehmen mit anderen Völkern zu erledigen seien. Aber der Krieg hat auch dem Laien die Augen dafür geöffnet, welche gewaltigen Hilfsmittel für die Sicherung und den Schutz der nationalen Wohlfahrt in der naturwissenschaftlichen Erkenntnis und den auf ihr aufbauenden Fortschritten der Technik liegen. Auf die Einzelheiten braucht an dieser Stelle nicht eingegangen zu werden. In der Tat, wollte man auf der Schule das Verständnis für die moderne Kriegsführung wecken, so könnte man an kein Fach wirkungsvoller anknüpfen als an die Naturwissenschaft. Aber allerdings in Beschränkung auf die kriegerischen Ziele wollen wir die vaterländischen Aufgaben des Unterrichts gewiß nicht halten. Wir müssen doch vornehmlich an die friedliche Entwicklung unseres Vaterlandes denken. Auch der naturwissenschaftliche Unterricht knüpft, wie der geschichtliche und erdkundliche, am besten an die unmittelbare Heimat an und hält sich an das, was den Schulen in der Wirklichkeit vor Augen geführt werden kann. Hier ist die Gelegenheit, bei richtigem Angreifen die Heimatliebe zu pflegen, wozu freilich gehört, daß der Unterricht sich nicht auf die Schulstube beschränkt, sondern den Schüler hinausführt und ihm die Natur zeigt, in der er lebt. In der Physik und Chemie tritt diese Form des Unterrichts zurück, dafür eröffnet sich hier der Ausblick auf die gewerbliche Tätigkeit und damit auf die Quellen des Wohlstandes unseres Vaterlandes. In der Chemie sind es besonders Kohle und Eisen, an die sich bedeutsame wirtschaftliche Beziehungen knüpfen, wie in der Physik an die Lehre von

der Elektrizität und die unübersehbare Fülle ihrer Anwendungen. Auch die Bedeutung der Mathematik darf im Anschlusse hieran nicht unerwähnt bleiben; sie liefert die elementarsten Mittel, durch die es dem Menschen gelingt, Ordnung in sein Leben zu bringen und die technische Arbeit zu leisten, durch die er die Naturkräfte in seinen Dienst zwingt. So aufgefaßt steht der mathematische Unterricht nicht außerhalb der Wirklichkeit, sondern mitten darin. Die große Bilanzrechnung der Energie, der wir alle Naturvorgänge unterwerfen, und daneben die Feststellung der Richtung, nach der das Naturgeschehen läuft, stellen die höchste Vollen- dung und die letzte Erkenntnis dar, die uns die mathematisch ausgestaltete Naturwissen- schaft vermittelt. Darin muß auch der natur- wissenschaftliche Unterricht ausklingen, dann wird er zu der Einsicht führen, daß wir bei allem Geschehen mit bestimmten Werten zu rechnen haben, die wir weder zu vermehren, noch zu vermindern, sondern nur umzuformen vermögen, und daß eine bestimmte Rich- tung im Lauf der Natur unvermeidlich ist, der wir uns anpassen und die wir, so gut wir können, zu unserem Vorteil ausnutzen müssen.

Solcherart kommt neben den Geistes- wissenschaften auch den Naturwissenschaften ein voller Anteil an der Lösung der Aufgabe zu, den Schüler so zu erziehen, wie es für das Wohl des Vaterlandes am besten ist. Wer am meisten dazu helfen kann, ist und bleibt aber die Persönlichkeit des Lehrers, die selbst von warmer Vaterlandsliebe erfüllt sein muß. Der Vertreter der naturwissenschaftlichen Fächer braucht hierin gegen den Lehrer eines historischen Faches nicht zurück- zustehn. P.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Grundlagen der Quantentheorie in elemen- tarer Darstellung von Dr. S. Valentin er. (Sammlung Vieweg, Heft 15.) 67 S. Mit 8 Abbild. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1914. M 2,60.

Anwendungen der Quantenhypothese in der kine- tischen Theorie der festen Körper und der Gase. Von Dr. S. Valentin er. 72 S. Mit 4 Abbild. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1914. M 2,60.

Das Schriftchen zeigt in einer historischen Einleitung, daß der Satz von der gleich- mäßigen Energieverteilung auf die Freiheits-

grade eines Systems sich nicht als allgemeiner- gültig erwiesen hat. Befriedigender ist die von Planck aufgestellte Quantenhypothese, wonach die Energie der Strahlung im Vakuum nur in gewissen sehr kleinen Elementar- quanten an die Materie weitergegeben und auch von der Materie an das Vakuum nur quantenweise abgegeben werden kann. Eine Bestätigung fand diese Hypothese zunächst in ihrer Anwendung auf die Atomwärme fester Körper, deren Abweichungen vom

Dulong-Petitschen Gesetz sich daraus zutreffend erklären ließen. Der Verfasser verhehlt nicht die Möglichkeit, daß die Rechnung mit Energiequanten eine mathematische Fiktion sein könne, sieht aber in ihr jedenfalls eine Darstellung von Erfahrungstatsachen, denen noch unbekanntere Atomeigenschaften zugrunde liegen mögen. Die Schrift geht dann näher auf den Zusammenhang der Hypothese mit dem Planckschen Strahlungsgesetz ein, setzt die Prüfung des Gesetzes an der Erfahrung auseinander und bespricht endlich kurz die von Sommerfeld herührende Hypothese vom Wirkungsquantum bei nicht periodischen Vorgängen.

Das zweite Bändchen behandelt eingehender die Untersuchung über die Atomwärme fester Körper auf Grund der Quantenhypothese und schließt daran eine Zusammenstellung der Formeln verschiedener Forscher für die Atomwärmen und ihrer Gültigkeitsgrenzen mit spezieller Bezugnahme auf Flußspat und Diamant. Dann folgt eine Darstellung der Zustandsgleichung des festen Körpers mit Anwendungen auf mechanische und thermische Ausdehnung, Schwingungszahl, Wärme- und Elektrizitätsleitung; danach wird die Einführung der Quantenhypothese in die Gastheorie erörtert, wobei nach den Theorien von Bjerrum und v. Ehrenfest auch die Sommerfeldsche Gastheorie zur Besprechung kommt. *P.*

Elektrische Methoden der Momentphotographie.

Von †Dr. Bruno Glatzel, Prof. a. d. Techn. Hochschule Berlin. Mit dem Bilde des Verfassers und 51 Abbild. (Sammlung Vieweg, Heft 21). 103 S. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn, 1915. M 3,60.

Dies ist die letzte Arbeit des begabten Physikers, der am 8. Oktober 1914 den Tod fürs Vaterland fand. Es werden darin die wissenschaftlichen Grundlagen der Funkenphotographie behandelt, die in neuerer Zeit so erstaunliche Leistungen aufzuweisen hat, und von der auch in dieser Zeitschrift (XXVI, 384) einige Proben mitgeteilt worden sind. Es handelt sich um den Ausbau des Verfahrens, das von Ernst Mach in den siebziger Jahren des vorigen Jahrh. erfunden worden war, dann lange in Vergessenheit geriet und erst neuerdings besonders durch Cranz unter Mitwirkung des Verfassers zu hoher Vollkommenheit gebracht worden ist. In dem vorliegenden Buche werden nun beschrieben: 1. die Auslösevorrichtungen, 2. die Methoden zur Herstellung kleiner Zeitdifferen-

zen zwischen zwei Funken (Methoden von Mach und von Töpler, Induktormethode), 3. die Beleuchtungsfunkenstrecken, 4. die Mehrfachfunkenphotographie (Funkenkinematographie) und 5. die Momentphotographie mit Vorderbeleuchtung. Es hat einen nicht geringen Reiz, die geistige Arbeit mitzudurchleben, die zur Erreichung einer so hohen Vollkommenheit des Ergebnisses aufgewendet werden mußte. Über das behandelte Gebiet hinaus ist noch besonders erwähnenswert die erste einwandfreie Erklärung des Fizeauschen Kondensators beim Funkeninduktor (Burstyn, E. T. Z. 1913); sie beruht auf der Berücksichtigung der oszillatorischen Aufladung des Kondensators und erklärt restlos das plötzliche Abreißen des Unterbrechungsfunkens, das für die Wirkung des Kondensators charakteristisch ist. *P.*

Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 10. umgearb. und verm. Auflage, herausg. von Leop. Pfaundler. IV. Band (Fünftes Buch) Magnetismus und Elektrizität. Von Walter Kaufmann, Alfred Coehn und Alfred Nippoldt. III. (Schluß)-Abteilung. Mit 312 Abbildungen und 3 Tafeln. XV u. 516 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1914. M 14,—.

Diese Schlußabteilung des umfangreichen Werkes enthält diejenigen Abschnitte der Physik, auf denen in den letzten Jahren die gewaltigsten Fortschritte zu verzeichnen sind: die Stromleitung in Gasen, die Elektronentheorie der Metalle, die Radioaktivität und die Lehre von Erdmagnetismus und Erdelektrizität. Bewundernswert ist die Darstellungskunst, die auf diesen Gebieten eine fast verwirrende Fülle von Tatsachen und Theorien zu einem übersichtlichen, den jetzigen Stand der Forschung wiedergebenden Bild vereinigt hat. Der vorwiegend auf die experimentelle Seite des Gegenstands gerichtete Charakter des Werkes ist hier naturgemäß durch eine mehr referierende Art der Darstellung ersetzt, doch findet man auch in diesem Band eine Reihe von Grundversuchen beschrieben, so zur Lehre von den Gasionen und von der Radioaktivität. Den Inhalt der Abschnitte hier aufzuführen ist nicht möglich; die Lehre von der Stromleitung in Gasen umfaßt neben Lichtbogen- und Kathodenstrahlung auch die gesamte Röntgenstrahlung und die Theorie der Gasionen, ähnlich umfangreich ist das Kapitel von der Radioaktivität. Für die Erdelektrizität hat die Forschung der letzten Jahre einen neuen kühnen Bau errichtet, als

dessen sichere Fundamente die Tatsache der Leitfähigkeit der Luft und das Bestehen ionisierender Kräfte zu betrachten sind. Ganz neue Ausblicke eröffnen sich hier in dem Einfluß der Elektronenstrahlung der Sonne auf die erdmagnetischen und erdelektrischen Vorgänge. Zweifellos ist eine Verbindung zwischen der kosmischen Elektronenstrahlung, die sich am deutlichsten in den Polarlichtern kundgibt, und den elektrischen Vorgängen in den untersten Schichten der Atmosphäre vorhanden. Die Erforschung der Luftelektrizität in den höchsten Schichten der Atmosphäre bleibt eine Zukunftsaufgabe.

Den betagten Herausgeber kann man dazu beglückwünschen, auch diese neue Auflage mit Hilfe bewährter Fachgenossen glücklich zu Ende geführt zu haben. Wenn auch schon wieder neue Gesichtspunkte, wie das Relativitätsprinzip und die Quantentheorie, ihren umgestaltenden Einfluß auf weite Gebiete der Forschung auszuüben begonnen haben, so wird doch das vorliegende Werk für längere Zeit als ein auf der Höhe der Wissenschaft stehendes und wegen der historischen Form der Darstellung nicht leicht veraltendes anzusehen sein. P.

Physikalische Übungen. Ein Leitfaden für die Hand des Schülers. Von Walther Masche, Prof. am Kgl. Kaiser-Wilhelms-R.-G. zu Berlin. III. Teil, mit 24 Abbildungen. 51 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1915. M 0,80.

Den ersten beiden früher angezeigten Heften hat der Verfasser dieses dritte nachfolgen lassen, das Übungen aus der Akustik und Optik nebst einer Ersatzaufgabe aus der Wärmelehre enthält. Die Übungen sind an sich nicht neu, aber die experimentelle sowohl wie die methodische Behandlung bietet für den Kenner des Gebiets eine große Zahl gut erprobter Hilfsmittel und fein ersonnener Anleitungen. Daß freilich bei dem Brechungsgesetz von einer „Ableitung“ gesprochen wird, wo es sich doch nur um den induktiven Nachweis eines funktionalen Zusammenhangs handelt, kann Ref. nicht für richtig halten. Besonders hübsch ist die graphische Darstellung der Beobachtungen zur Ermittlung der Linsenformel unter Benutzung der Gleichung der geraden Linie; aber es gilt hier Ähnliches wie beim Brechungsgesetz. Und die Auffindung des gesetzmäßigen Zusammenhangs gelingt nur, weil vom Lehrer die kunstvolle Verknüpfung der Versuche, die zu dem Gesetze führt, genau vorgeschrieben ist. Gleichwohl ermangelt das

Verfahren nicht des bildenden Wertes. Dem Hefte ist gleich den früheren weite Verbreitung zu wünschen. P.

Die Skepsis in Philosophie und Wissenschaft. Von Richard Höningwald. (Wege zur Philosophie Nr. 7.) Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht, 1914. M 2,50.

Die vorliegende Schrift des uns Naturwissenschaftlern wesentlich durch seine Kritik der Machschen Philosophie nahegetretenen Verfassers gibt nicht, wie man dem Titel nach zunächst vermuten könnte, eine Darstellung der Skepsis, wie sie historisch in der Entwicklung von Philosophie und Wissenschaft zutage getreten ist, sondern sie sucht das Phänomen des Zweifels als eine der Aufgaben, „die immer aufs neue gestellt und begründet, an immer neuen Gesichtspunkten geprüft und bewährt werden müssen“, methodisch zu behandeln. Sie gehört sonach als eine Untersuchung über den Begriff des Zweifels wesentlich der Logik an. In ihrer reinen Abstraktheit und in dem Mangel an allen konkreten Beziehungen ist die Entwicklung nicht gerade leicht zu lesen. Gerade wenn der Nachweis erbracht werden sollte, wie sich der Zweifel in jedem Forschungsgebiete in einer diesem Gebiet eigentümlichen Weise geltend macht, hätten Beispiele außerordentlich klärend gewirkt. Der Verfasser hat sich aber streng an die größtmögliche begriffliche Allgemeinheit gehalten, Sonderausführungen darf man deshalb nicht erwarten, er wollte die allgemeine Tatsache des Zweifels, nicht seine besonderen Erscheinungsweisen verfolgen. H. E. Timerding-Braunschweig.

Physikalische Chemie der homogenen und heterogenen Gasreaktionen unter besonderer Berücksichtigung der Strahlungs- und Quantenlehre, sowie des Nernstschen Theorems von Dr. Karl Jellinek, Privatdozent an der Kgl. Technischen Hochschule Danzig. Mit 221 Abbildungen im Text und 104 Tabellen. Leipzig, S. Hirzel, 1913. XIV und 844 S. Preis geh. M 30,—, geb. M 32,50.

Der Inhalt des fleißigen Werkes, dessen Besprechung sich leider verzögert hat, ist im Titel genau und ausreichend umschrieben. Der Inhalt ist etwas inhomogen; das Buch eignet sich sehr gut als Nachschlagewerk und kann denen, die sich über eines der behandelten Themen, die durchweg zu den schwierigsten der modernen Chemie und Physik gehören, orientieren wollen, warm empfohlen werden. Bei fortlaufender Lektüre stört

oftmals die fast epische Breite der Diktion. In Bezug auf Abbildungen, Zitate, Ableitungen der Formeln ist das Werk vorzüglich.

W. Roth-Greifswald.

Neuere Literatur für praktische chemische Übungen.

(Sammelbericht)

1. **Anorganisch-chemisches Praktikum.** Qualitative Analyse und anorganische Präparate. Von Dr. E. H. Riesenfeld, a. o. Prof. a. d. Univ. Freiburg i. B. Mit 18 Abb. Leipzig, S. Hirzel, 1913. XIV u. 333 S. Geb. M 6,—.
2. **Chemische Übungen für Mediziner.** Von Prof. Dr. Wilh. Strecker, Privatdoz. a. d. Univ. Marburg. 2. Aufl. Heidelberg, C. Winter, 1915. 140 S. Kart. M 2,80.
3. **Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse.** Zum Gebrauche bei den praktischen Übungen im Laboratorium. Von Dr. H. Hlasiwetz, weil. Prof. a. d. k. k. techn. Hochsch. in Wien. 15. Aufl. ergänzt von Dr. G. Vortmann, Prof. a. d. k. k. techn. Hochsch. in Wien. Leipzig und Wien, F. Deuticke, 1913. 55 S. M 1,—.
4. **Übungsaufgaben aus der quantitativen chemischen Analyse durch Maßanalyse.** Von Prof. Dr. G. Vortmann. Mit 12 Abb. 2. Aufl. Derselbe Verlag. 59 S. M 1,50.
5. **Das Chemische Praktikum, anschließend an den obligaten Unterricht in der anorganischen Chemie, in Form von Eprovettenversuchen, nebst einer kleinen Anleitung zum Analysieren.** Von Sigbert Genelin, Prof. a. d. n.-ö. Landesoberrealschule zu Krems. Wien, 1915, A. Pichlers Ww. & Sohn. 94 S. Geb. K 1,20; M 1,05.
6. **Leitfaden für die analytisch-chemischen Übungen.** Von Prof. Dr. A. Luksch, Troppau, k. k. Realschule. Mit 14 Abb. Wien u. Leipzig, A. Hölder, 1913. 78 S. klein-8°. M 0,70.
7. **Leitfaden für die chemischen Schülerübungen zur praktischen Einführung in die Chemie.** Von Prof. Dr. E. Löwenhardt. 2. Aufl. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1912. 122 S. M 1,80; geb. M 2,40.
8. **Chemische Schülerübungen in der Prima.** Von Dr. R. Lucas und Dr. K. Franz. Wissenschaftl. Beilage des Jahresber. des städt. Realg. mit Realschule zu Gera (Reuß). Ostern 1913. Progr.-Nr. 1015. — Auch als selbständige Schrift bei Quelle & Meyer, Leipzig, erschienen. 39 S. Kart. M 0,80.
9. **Chemisches Praktikum.** Von Julius Schmidt, weil. Städt. Rektor und Chemiker zu Berlin. II. Teil: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie. Mit 58 Abb. 2. verm. u. verb. Aufl. Herausgegeben von Erich Schmidt. Breslau, F. Hirt (ohne Jahreszahl). 144 S. Kart. M 2,75.
10. **Einfache chemische Übungen.** Von W. Hoppe, Seminarlehrer in Kyritz. Mit einem Anhang: Tafeln zur chemischen Analyse anorganischer Stoffe, zusammengestellt von Oberlehrer E. Heinze. F. Hirt u. Sohn, Leipzig 1912. 2. Aufl. 1913. 79 S. Kart. M 1,20.
11. **Chemische Schülerübungen.** Von Fr. Rutishauser, Sekundarlehrer in Andelfingen. Zürich, Orell Füssli (keine Jahreszahl, auch nicht im Vorwort). 36 S. M 0,80.
12. **Einfache Schülerübungen.** im Anschluß an das „ABC der Chemie“ von J. v. Grünigen, Lehrer an der städt. Mädchensekundarschule in Bern. Mit 45 Fig. Bern, A. Francke, 1913. 48 S. Brosch. M 1,—.

1. Um mit einigen aus akademischen Kreisen hervorgegangenen Arbeiten zu beginnen, sei zuerst das Erscheinen der 3. Auflage von E. H. Riesenfelds Praktikum erwähnt. Das wertvolle Buch wurde in dieser Zeitschr. (XXIV, 125) bereits besprochen. Es sei von neuem auf die eingestreuerten theoretischen Erörterungen, die von ausgezeichneter Klarheit sind, hingewiesen. Aus dem Buch, das bezüglich der Stoffeinteilung und der Form der Darstellung in der neuen Auflage unverändert geblieben ist, ist besonders hinsichtlich der Herstellung verschiedener Präparate auch für die praktischen Übungen der höheren Lehranstalten mancherlei zu lernen.

2. Dem Standpunkt der Mittelschulmethodik nähert sich ein soeben in 2. Auflage erschienenenes, für Mediziner bestimmtes Buch von W. Strecker. Noch bis vor kurzem bestand die chemisch-praktische Betätigung der jungen Mediziner ausschließlich darin, eine gewisse Anzahl einfacherer Analysen fertigzustellen. In dem vorliegenden Buche sind zwar die analytischen Übungen nicht übergangen — es ist besonders auch die Maßanalyse eingehender berücksichtigt, auch ist ein Beispiel für die quantitative Analyse durchgerechnet und sind zweckmäßig von verschiedenen organischen Stoffen die Reaktionen angegeben — doch wird der Hauptwert darauf gelegt, daß der Praktikant durch einfache Versuche und Präparate das Verhalten der wichtigsten chemischen Elemente kennen lerne und daß er durch das Aufbauen von Apparaten, auch solcher, die nur auf theoretische Erörterungen abzielen, sich einige experimentelle Geschicklichkeit erwerbe. Die Auswahl der Versuche ist für diese Zwecke sehr gut geeignet, und wir sind überzeugt, daß die Mediziner auf diese Weise mehr von

der Chemie profitieren als durch die ältere Methode der rein analytischen Übungen.

3 u. 4. Rein den Zwecken der Analyse gewidmet sind zwei in dieser Zeitschr. bereits, z. T. wiederholt, besprochene Schriften von Hlasiwetz und Vortmann. Für die bewährte „Anleitung“ von Hlasiwetz-Vortmann genügt der einfache Hinweis auf das Erscheinen der 15. Auflage. Auch auf die trefflichen „Übungsaufgaben“ von G. Vortmann sei von neuem empfehlend aufmerksam gemacht.

5. Für die praktischen Übungen der höheren Lehranstalten liegen verschiedene Veröffentlichungen vor. Von dem aus österreichischen Verhältnissen hervorgegangenen „Chemischen Praktikum“ von S. Genelin begrüßen wir zunächst das Wiederauftauchen des „Vorworts“, das wunderbarerweise seit längerer Zeit in einseitiger Rücksichtnahme auf die Schüler verboten oder verpönt war; möge es nie wieder aus den österreichischen Lehrbüchern verschwinden. Die Reihe der eigentlich chemischen Übungen mit dem Natrium-Wasser-Versuch zu beginnen, halten wir für ganz ungerechtfertigt, es ist gar zu unhistorisch. Sonst schließen sich die Übungen dem systematischen Lehrgang gut an; die eingestreuten Erklärungen geben gute Anhaltspunkte, damit der Schüler nicht vor zuviel Rätseln steht und auch privatim weiterarbeiten kann. Das dem neueren Standpunkt gerecht werdende Buch ist mit großem Geschick abgefaßt.

6. Der für die Übungen an österreichischen Realschulen und Realgymnasien bestimmte „Leitfaden“ von A. Luksch (ohne Vorwort) ist trotz seiner Kleinheit außerordentlich reichhaltig, da er auch die organische Chemie weitgehend berücksichtigt. Auch die Maßanalyse ist trefflich behandelt. In seinem anorganischen Hauptteil tritt jedoch die Analyse zu einseitig in den Vordergrund. Es würde sich empfehlen, die kurzen vorangehenden Kapitel mehr auszubauen und die Analyse entsprechend einzuschränken.

7. Des Erscheinens der 2. Auflage des Leitfadens von E. Löwenhardt wurde schon früher in dieser Zeitschr. (XXVI, 55) gedacht. Auch hier zeigt die neue Auflage nur Verbesserungen. Es ist erfreulich, wenn der Verfasser feststellt, „daß jetzt wohl fast überall die Notwendigkeit der Schülerübungen gerade für den chemischen Anfangsunterricht anerkannt wird“, doch fehlt leider dieser Erkenntnis noch fast allenthalben die Verwirk-

lichung. Und doch sind nirgendwo die praktischen Übungen so notwendig und so fruchtbringend wie im chemischen Anfangsunterricht; sie sind hier relativ viel wichtiger als im physikalischen Anfangsunterricht. In der neuen Auflage ist es sehr vorteilhaft, daß die wichtigen Versuche und Abschnitte dadurch mehr hervortreten, daß die minder wichtigen durch den Druck von jenen unterschieden sind. An solcher Maßnahme fehlt es noch vielfach in den praktischen Anweisungen, in denen oft gar zu gern das Hauptgewicht auf eine möglichst große Anzahl von Versuchen gelegt wird.

8. Den ganz besonderen Verhältnissen des Realgymnasiums zu Gera (Reuß) angepaßt ist eine Schrift von R. Lucas und K. Franz. Dort findet nämlich der Abschluß des chemischen Lehrganges schon in der U I statt und danach ist, nur für die O I, ein Praktikum errichtet. Da die Schülerzahl meist beträchtlich groß ist (~24), werden im wesentlichen nur Frontübungen vorgenommen. Den Übungsstoff bildet hauptsächlich die Analyse und zwar ist zum Unterschied von den sonst üblichen Anweisungen der Stoff in Tabellenform angeordnet, auch sind zweckmäßig Tabellenschemata beigelegt. Grundsätzlich vermieden sind die ausgesprochenen Gifte wie Cyankali, Arsen, Schwefelwasserstoff. Dies erscheint zu weit gegangen. Vor der gelegentlichen Verwendung solcher Stoffe braucht man sich nicht zu scheuen; verwenden die Verfasser doch selbst das überaus giftige Quecksilberchlorid, und schließlich ist die nie beanstandete konz. Schwefelsäure auch kein ganz harmloser Stoff. Die einzelnen Versuchsgruppen sind wohl durchdacht, doch halten wir die Beschränkung auf die Analyse nicht für gerechtfertigt.

In erster Linie für Seminare bestimmt sind die folgenden beiden Schriften:

9. Das treffliche „Chemische Praktikum“ von J. Schmidt, das in ds. Zeitschr. (XXI, 202) bereits besprochen wurde, ist in seinem II., Versuche aus der Organischen Chemie behandelnden Teile in zweiter Auflage erschienen. In der neuen Auflage, die von dem Sohne des Verfassers, E. Schmidt, besorgt wurde, hat das Buch nur noch gewonnen; es sind einige Versuche weggelassen, aber sonst eine größere Anzahl hinzugekommen. Alkohol sollte auch in geringeren Mengen nie direkt über der Bunsenflamme erhitzt und entzündet werden (S. 38, Fig. 27), ein Herausstoßen brennender Alkoholmassen kann gar zu leicht vorkommen, zumal wenn der Prak-

tikant die Zahlenangabe (3 ccm) weniger beachtet und mehr auf die Figur sieht, die eine reichliche Menge Alkohol im Probierglase zeigt; bei Vornahme des Versuchs im einfachen Wasserbade (Becherglas) ist beim kräftigen Sieden des Wassers die Alkoholflamme imposant genug, und die genannte Gefahr wird ganz vermieden. Auf das Buch sei von neuem empfehlend hingewiesen.

10. Hauptsächlich für die Klassenübungen im Seminar bestimmt ist die Schrift „Einfache chemische Übungen“ von W. HOPPE. Der Verfasser hat sich offenbar zum Ziel gesetzt, die Versuche und die mechanischen Operationen so einfach wie möglich zu gestalten. Bis zu einem gewissen Grade ist das gewiß berechtigt, die zulässige Grenze ist aber hier beträchtlich überschritten. Als Ref. bei der „Herstellung eines Filters“ (S. 9) las „man falte ein quadratisches Stück Fließpapier 2 mal rechtwinklig zusammen, öffne es . . . und setze es in den Reagierkelch (Fig. 4). Ein Trichter ist durchaus entbehrlich“ — wollte er eigentlich die Feder aus der Hand legen. Wer jemals versucht hat, den Trichter auszuschalten, wird wissen, daß aus dem bloßen Fließpapier so gut wie gar nichts abläuft, daß vielmehr, sobald durch Kapillarwirkung das Fließpapier durchfeuchtet ist, alsbald die ganze Geschichte in das Gefäß sackt. Das heißt doch, eine ausgesprochene Unzulänglichkeit an die Stelle von etwas ganz Erprobtem setzen. Wo überhaupt etwas für Schülerübungen ausgeworfen wird, da können auch ein paar billige Trichter angeschafft werden. Ebenso ist es, besonders vom Standpunkt der Unfallverhütung aus, verwerflich, eine Wasserstoffentwicklung ohne Sicherheitsrohr (kostet 20 Pf.) vorzunehmen (S. 25). Solche bewährten Maßnahmen vereinfachen zu wollen, bedeutet keinen Fortschritt, sondern das Gegenteil. Und gerade am Seminar sollen die jungen Leute angehalten werden, die Versuche sachgemäß auszuführen. Auch ist für Lötrohrversuche die Spiritusflamme wenig geeignet, die nicht teurere Kerzenflamme ist entschieden vorzuziehen. Die Versuchsanordnung bei der Chlorgewinnung (Fig. 14) ist ebenfalls ganz unzulänglich. Bei einigen anderen Vereinfachungen hat der Verfasser eine glücklichere Hand. Die große Zahl der Versuche halten wir indessen für keinen Gewinn des Ganzen. Die angefügten Tabellen zur Analyse sind dagegen gewiß für viele eine willkommene Beigabe.

11. Auch für einfachere Schulen liegen einige Arbeiten vor. Ein kurzgefaßtes Büch-

lein „Chemische Schülerübungen“ von F. RUTSHAUSER ist eigentlich ein Separatabdruck aus der „Schweizerischen Pädagog. Zeitschr.“ (1913, Heft 1). Die einfachen Übungen sind für 40 Unterrichtsstunden berechnet, würden demnach etwa einem Halbjahrskursus entsprechen. Es sind behandelt Oxydationen, das Wasser, Säuren und Salze, Schwefel, Kohlenstoff, die Leichtmetalle und Schwermetalle und von organischen Stoffen die Stärke. Die Auswahl der Versuche ist im ganzen geschickt, auch die Figuren sind meist instruktiv. Im einzelnen ist zu bemerken: Die chemische Zeichensprache soll entweder richtig oder gar nicht angewendet werden; $Fe + O = FeO$ als Gleichung für die Verbrennung von Eisenpulver ist nicht zulässig, ebensowenig die Bezeichnung Schwefeloxyd für das Verbrennungsprodukt des Schwefels. Geradezu falsch ist die Gleichung $Hg + 2HNO_3 = Hg(NO_3)_2 + 2H$ (S. 39), zumal es auch im Text heißt „(das Metall löst sich leicht. Wasserstoffbläschen)“. Derartige Mängel könnten jedoch bei einer Neuauflage in Fortfall kommen.

12. Ähnlich einfach in der Anlage ist eine kleine für Mädchenschulen bestimmte Versuchssammlung von J. v. GRÜNIGEN. Das Büchlein, das noch den Titel „Das praktische Heidi“ hat, ist anregend geschrieben, sehr hübsch sind die mit Recht ziemlich zahlreichen Versuche aus der organischen Chemie zusammengestellt. Andererseits sind noch mancherlei Mängel daraus zu beseitigen, insbesondere ist die Unfallverhütung nicht überall genügend gewahrt. Selbst kleine Kaliumstücke werden besser den Schülerinnen nicht in die Hand gegeben (S. 15). Wenn es bei der Wasserstoffentwicklung (im Kolben mit aufwärtsgerichtetem Rohr für die Flamme) heißt (S. 15): „Nach ungefähr einer Minute entzünde das ausströmende Gas“, so wird es bei solch unzureichenden Angaben meist eine ansehnliche Explosion geben, wenn auch das Gefäß „lose mit dem Handtuch“ umwickelt ist. Auch der Versuch „Wirf in ein Reagenzglaschen, das Schwefelsäure enthält, einige Stückchen Zucker“ (S. 22) ist nicht rationell. Unzulänglich sind die Fig. 19 und 20; aus beiden Entwicklungsflaschen können die Schülerinnen kein Gas ableiten, da das Trichterrohr nicht bis zur Säure reicht. Auch die große Flamme bei der Fig. 41 zur „Vergärung einer Honiglösung“ (in ganz winziger Menge) wirkt eigenartig. Abgesehen hiervon erblicken wir in dem Ganzen doch ein erfreuliches Zeichen, daß man in der Schweiz bemüht ist, auch in den einfacheren Schulen den che-

mischen Schülerübungen zu ihrem Recht zu verhelfen.

Die vorstehende Übersicht macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit; es mußten vielmehr noch einige Erscheinungen einstweilen zurückgestellt werden. *O. Ohmann.*

Einführung in die Kristallographie für die Oberstufe der Realanstalten. Von Oberlehrer Dr. Karl Schulz. (Abdruck einer Programm-Abhandlung.) Mit 73 Abb. 1914, Quelle & Meyer, Leipzig. 40 S. M 0,80.

Der Verfasser geht von Symmetriebetrachtungen aus und erörtert in klarer Weise die Grundbegriffe Physikalische Symmetrie, Kristall, amorpher und kristalliner Zustand usw. und steuert dann auf die modernen 32 Gruppen der Kristallformen hin, von denen die für den Unterricht wichtigsten sehr anschaulich und an der Hand vorzüglicher, z. T. aus Ruskas Mineralogie stammender Abbildungen einzeln abgehandelt werden. Das Ganze ist eine Absage an die Naumannsche Behandlungsweise der Kristallographie, deren Unzulänglichkeit der Verfasser in einem Aufsatz in der Zeitschr. „Aus der Natur“ (Jahrg. 10, S. 58/64) noch besonders beleuchtet. Es mag bei dieser Gelegenheit an eine frühere Arbeit von F. Anders erinnert werden — gleichfalls Programm-Abhandlung (Berlin, Lessing-Gymnasium) — in der die wichtigsten Kristallformen ebenfalls von der Symmetrie aus in elementarer Weise außerordentlich instruktiv abgeleitet werden. Der Verfasser der vorliegenden Arbeit stützt sich vornehmlich auf die wert-

volle „Physikalische Kristallographie“ von Th. Liebisch. Jedem, der bisher die Kristallographie nach Naumannscher Weise lehrte, sei die Schrift von Schulz angelegentlich empfohlen. *O.*

ABC der Chemie. Handbüchlein für Schülerinnen in oberen Mädchenklassen. Im Anschluß an die Versuche zusammengestellt von J. v. Grünigen, Lehrer a. d. städt. Mädchensekundarschule in Bern. Bern, A. Francke, 1912. 48 S. M 1,20.

Das Büchlein ist frisch und anregend geschrieben. Es werden die Luft, das Wasser, Heizstoffe und Beleuchtungsmittel, Metalle und verschiedene Stoffe und Vorgänge organischer Natur mit besonderer Berücksichtigung der Hauswirtschaft, der Lebensmittel- und Gesundheitslehre behandelt. Für ungerechtfertigt müssen wir es halten, wenn schon auf der zweiten Seite („S. 8“, denn es werden Titel- und Vorwortsseiten mitgezählt) von Molekül und Atom und gar noch von Korpuskeln und vom Elektron die Rede ist. Was soll sich „das praktische Heidi“ (s. o. S. 344) bei dem Satze „Ein Korpuskelchen, das mit der kleinsten Elektrizitätsmenge geladen ist, heißt Elektron“ denken? Beim Wasser steht wieder der leidige elektrolytische Versuch an erster Stelle. Ein böseres Versehen steht auf S. 31, wo beim Übergießen von Kochsalz mit Schwefelsäure „ein stechend riechendes Gas, das Chlor“ entweichen soll. Doch ließen sich diese und andere Mängel bei einer Neuauflage beseitigen. *O.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Modell eines Unterseebootes zur Veranschaulichung der beim Tauchen und Steigen auftretenden Druck- und Belastungs- änderungen.

(D.R.G.M. Nr. 636591.)

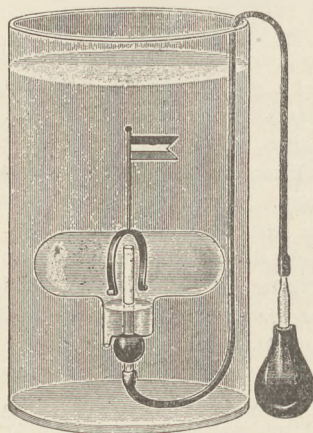
Von MEISER und MERTIG in Dresden-N. 6.

Das Tauchen eines Unterseebootes wird bekanntlich dadurch bewirkt, daß eine gewisse Luftmenge entweder ausgestoßen oder in einem besonderen Behälter komprimiert und dafür Wasser eingezogen wird. Soll das Boot wieder aufsteigen, so muß das vorher eingelassene Wasser wieder hinaus befördert bzw. gepreßt werden. Da nun aber unter Wasser keine Luft eingezogen werden kann,

um das Wasser zu verdrängen, so muß Preßluft benutzt werden. Ob diese ganz oder teilweise fertig mitgenommen oder durch im Boote vorhandene Maschinen hergestellt wird, ist für das Prinzip des Tauchens gleichgültig.

In der umstehenden Figur ist das Modell eines U-Bootes abgebildet. Um das Modell zum Versuch fertig zu machen, steckt man den dünnen Schlauch an die senkrecht nach unten gerichtete Röhre, die in den Luft-raum führt und setzt das Modell in ein möglichst hohes und weites Standgefäß. Hier schwimmt es zunächst oben. Nun gibt man dem Ball einen kräftigen Druck, wobei Luft aus der am Boden des Füllraumes vorhandenen kleinen Öffnung entweicht.

Sobald der Ball losgelassen wird, wird durch dessen Ausdehnung die Luft im Boot verdünnt, es dringt Wasser ein und das Boot sinkt. Drückt man wieder, so entweicht ein Teil des Wassers und das Boot steigt an die Oberfläche; hört der Druck auf, so taucht es



wieder und so fort. Der Versuch kann beliebig oft wiederholt werden. In dem am Boden des Bootes angebrachten Füllraum kann man bequem das Ein- und Austreten des Wassers beobachten.

Der Gummischlauch ist möglichst dünn genommen, damit er die Bewegungen des Bootes nicht beeinflussen kann. Die oben angebrachte Fahne markiert die Beobachtungsvorrichtung (Periskop). Preis mit Schlauch und Gummiball, aber ohne Glasgefäß M 6,— (jetzt mit 10% Teuerungszuschlag).

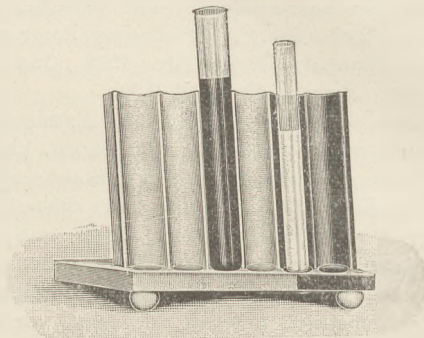
Neues Reagensglasgestell nach Dr. K. Hofmann, zum Gebrauch für Vorlesungen und bei technisch-kolorimetrischen Arbeiten.

Firma LUDWIG HORMUTH, Inh. W. Vetter,
in Heidelberg, Hauptstr. 5.

Werselbst Experimentalvorträge in Chemie zu halten, oder wer auch nur solchen Vorlesungen beigewohnt hat, kennt jene Verlegenheit des Vortragenden, die Reagensgläser mit den ausgeführten Versuchen auf dem Experimentiertisch so unterzubringen, daß sie von den Zuhörern deutlich gesehen und noch längere Zeit betrachtet werden können, ohne andererseits bei neuen Versuchen im Weg zu sein und durch Umfallen und Zerbrechen Schaden anzurichten. Vielfach werden Bechergläser, Kelchgläser und ähnliches zum Weglegen der Röhren benutzt, doch wird dadurch in allen diesen Fällen zum mindesten die Sichtbarkeit gestört.

Das neue Reagensglasgestell stellt einen Versuch dar, dem Übelstände abzuhelpfen, indem es gestattet, die Reagensgläser durch einfaches Anlehnen an die Rückwand bis zu den kleinsten Flüssigkeitsmengen, bis zum Boden hin sichtbar aufzustellen.

Die nach vorn erhöht stehende Bodenplatte trägt die etwas gegen die senkrechte



geneigt stehende Rückwandplatte, welche zur Aufnahme der Reagierzylinder mit 6 halbrunden Rinnen versehen ist, die ihrerseits in 6 napfartigen Vertiefungen der Bodenplatte münden. Die durch Versuche ermittelte Neigung der beiden Platten macht ein Umfallen oder Ausgleiten der Reagensgläser nach vorn unmöglich und gestattet trotzdem den Zuhörern, selbst die kleinste Niederschlagsmenge auf dem Boden der Zylinder aus der Ferne zu erkennen. Sie erlaubt aber auch, Reagensgläser jeder beliebigen Größe, von den kleinsten gebräuchlichen bis zu Maßen von 200×30 mm in dieser Weise aufzustellen.

Je nach der Natur des Niederschlags oder der Farbtöne der Reaktionen wird man ein Gestell aus weißem oder schwarzem Porzellan vorziehen. Nicht nur bei Vorlesungen, sondern auch in der Praxis der Fabriken wird das neue Reagensglasgestell als Bequemlichkeit empfunden werden, z. B. überall da, wo man, wie im Brauerei- oder im Färberei Laboratorium, mit technisch-kolorimetrischen Arbeiten zu tun hat. Wie schon erwähnt, wird das Gestell in der Regel aus Porzellan gefertigt, auf besonderen Wunsch aber auch aus Holz geliefert. Porzellan besitzt neben größter Stabilität und vollständiger Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse den besonderen Vorzug unbedingter Sauberkeit.

Das neue Gestell steht unter D. R. G. M.-Schutz und wird in 3 Ausführungen: ganz weiß, ganz schwarz, mit 4 weißen und 2 schwarzen Feldern zum Einheits-Stückpreis von M 5,75 in den Handel gebracht.

Korrespondenz.

Zum Preisausschreiben des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (vgl. Heft 4, S. 231). Um den zahlreich im Felde stehenden Mitgliedern des Vereins die Beteiligung an dem Preisbewerb zu ermöglichen hat der Vorstand die Frist für die Ablieferung der Arbeiten bis zum 30. Juni 1916 verlängert.

Druckfehler-Berichtigung: Der Verfasser der in Heft 5, S. 282 angezeigten Schrift „Weltgebäude, Weltgesetze, Weltentwicklung“ heißt Erich Becher.

Im Dezember d. J. erscheint die astronomische Tafel für 1916 nebst Erklärung von Prof. M. KOPPE. Die Tafel kann von der Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin zum Preise von M 0,40 (für 10 Exemplare M 3,— für 20 Exemplare M. 5,50) bei portofreier Zusendung bezogen werden.

Kurse der Kgl. preuß. Zentralstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin. Im Winterhalbjahr 1915/16 finden für akademisch gebildete Lehrer und Lehrerinnen Großberlins folgende Kurse statt:

1. Dir. Dr. Röseler: Mikroskopische Übungen zur Einführung in die Histologie und Färbetechnik. (Freitags 5—7.)
2. Prof. Dr. Schönichen: Mikroskopische Übungen zum Unterricht in der Insektenkunde. (Donnerstags 5—7.)
3. Prof. Dr. Kolkwitz: Übungen aus dem Gebiet der Physiologie und Mikroskopie der Pflanzen. (Mittwochs 5—7.)
4. Dr. Volkmann: Magnetische Schulversuche. (Mittwochs 5—7.)
5. Prof. Hahn: Anleitungen zu physikalischen Schülerversuchen aus der Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre und Optik. (Donnerstags 5—7.)
6. Prof. Dr. Böttger: Chemische und elektrochemische Unterrichtsversuche. (Donnerstags 5—7.)
7. Prof. Dr. Lampe: Der erdkundliche Unterricht auf den unteren Lehrstufen. (Montags 5—7.)
8. Mechaniker und Optiker Hintze: Praktische Übungen in der mechanischen Werkstatt. (Montags und Donnerstags 5—7.)

Für Lehrer und Lehrerinnen an den Volksschulen Groß-Berlins sind folgende Kurse eingerichtet:

1. Prof. Dr. Lampe: Sechs Vorträge über kriegsbedingte Länder. (Montags 7—8.)

2. Dr. Hennig: Sechs Vorträge über Wetterkunde. (Donnerstags 7—8^{1/2}.)

Ausführlichere Mitteilungen werden von der Zentralstelle versandt.

Herr F. Küsspert bemerkt in seinem Aufsatz über Versuchsanordnungen (ds. Zeitschr. XXVIII, 264), daß sein zum Einwerfen des Karbids durch ein offenes weites Rohr eingerichteter Acetylenapparat den von mir angegebenen (*ebenda* S. 32) durch größere Einfachheit übertrifft. Natürlich kann für einen Vergleich nicht die ganze Apparatur samt Speicherglocke und Acetylenbrenner in Betracht kommen, sondern nur der Entwickler selbst. Von welcher Art die letzteren Teile bei Küsspert zur Verwendung kommen, ist nicht mitgeteilt. Da ein eingehender Unterricht doch auch die Abhängigkeit der Flammengüte vom Drucke veranschaulichen muß, kommt man nicht mit einem Entwickler aus, der das Gas stürmisch liefert und jene Abhängigkeit nicht so handlich vor Augen führen läßt. Wirft man neues Karbid in ein des Druckes wegen hoch mit Wasser gefülltes Rohr, so gehen auch von derben Stücken entwickelte Gasmengen reichlich schon unterwegs zum Rohre hinaus, kleine und besonders flächenartig gestaltete Stücke bleiben im Rohre schwimmen. Der nach Küssperts Angabe sehr zweckmäßig gestaltete, weit hereingetriebene Kegelboden des Entwicklers nimmt wohl trotz des sich ansammelnden Bodensatzes von Hydrat die Stücke unter dem weiten Einwurfrohre zur Seite, eine etwas längere Gasentwicklung ist aber bei der sehr schnellen Aufzehrung des Karbids in reinem Wasser nur bei stets wiederholtem Nachfüllen zu erreichen. Ich glaube, daß ein eingehender Unterricht außer den einfachsten Hilfsmitteln mit Vorteil der vielleicht etwas mehr Vorbereitungszeit bedürftigen, aber keineswegs das Verständnis erschwerenden Anordnung sich bedienen wird, bei der Alkohol die Entwicklung zu einer ruhigen macht und nicht größere Mengen des unangenehm riechenden Gases in die Zimmerluft gelangen. Nach einmaliger Beschaffung des ganzen von mir beschriebenen Acetylenapparates ist übrigens die jeweilige Vorbereitungszeit auch nur verschwindend gering. Die Schüler lernen, wenn außerdem die ganz kurz verlaufende Entwicklung in reinem Wasser vorgemacht war, die Eigenschaften des interessanten Gases sehr gründlich kennen.

H. Rebenstorff.

Himmelserscheinungen im Dezember 1915 und Januar 1916.

♃ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

	Dezember						Januar						
	3	8	13	18	23	28	2	7	12	17	22	27	
♃	AR	16 ^h 5 ^m	16.38	17.12	17.46	18.21	18.57	19.32	20. 7	20.39	21. 8	21.28	21.35
	D	— 21 ^o	— 23	— 24	— 25	— 25	— 25	— 24	— 22	— 20	— 17	— 15	— 13
♀	AR	18 ^h 4 ^m	18.31	18.59	19.26	19.53	20.19	20.45	21.10	21.34	21.59	22.22	22.45
	D	— 25 ^o	— 25	— 24	— 24	— 23	— 21	— 20	— 18	— 16	— 14	— 12	— 9
☉	AR	16 ^h 34 ^m	16.56	17.18	17.40	18. 3	18.25	18.47	19. 9	19.31	19.52	20.14	20.35
	D	— 22,0 ^o	— 22,6	— 23,1	— 23,4	— 23,5	— 23,3	— 23,0	— 22,5	— 21,8	— 20,9	— 19,9	— 18,7
♂	AR	9 ^h 54 ^m	9.59	10. 4	10. 8	10.11	10.12	10.13	10.12	10.10	10. 7	10. 2	9.56
	D	+ 15 ^o	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	+ 15	+ 16	+ 16	+ 17	+ 17
♃	AR	23 ^h 22 ^m		23.25		23.29		23.34		23.40		23.46	
	D	— 6 ^o		— 5		— 5		— 4		— 3		— 3	
♄	AR	7 ^h 7 ^m						6.57					
	D	+ 22 ^o						+ 22					
☉	Aufg.	7 ^h 52 ^m	7.58	8. 4	8. 9	8.12	8.13	8.14	8.12	8.10	8. 5	8. 0	7.54
	Unterg.	15 ^h 47 ^m	15.45	15.44	15.44	15.46	15.49	15.54	16. 0	16. 7	16.15	16.23	16.32
☾	Aufg.	3 ^h 27 ^m	10.14	12. 1	13.19	17.33	23.45	5.26	9.37	10.46	13.14	19. 4	0.11
	Unterg.	13 ^h 20 ^m	17.17	—	5.22	9.40	10.58	12.38	19.17	0.41	6.25	8.42	9.46
Sternzeit im mittl. Mittg.		16 ^h 44 ^m 47 ^s	17. 4.30	17.24.13	17.43.56	18. 3.38	18.23.21	13.43. 5	19. 2.48	19.22.31	19.42.14	20. 1.57	20.21.39
	Zeitgl.	— 10 ^m 28 ^s	— 8.24	— 6. 8	— 3.44	— 1.16	+ 1.13	+ 3.38	+ 5.56	+ 8. 2	+ 9.53	+ 11.26	+ 12.41

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Wintersolstitium am 22. Dezember, 23^h 17^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Dez. 6, 19 ^h 4 ^m Jan. 5, 5 ^h 45 ^m	Dez. 13, 12 ^h 38 ^m Jan. 12, 4 ^h 37 ^m	Dez. 21, 13 ^h 52 ^m Jan. 20, 9 ^h 29 ^m	Dez. 29, 13 ^h 59 ^m Jan. 28, 1 ^h 35 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Dezember	unsichtbar	abends 1/2 bis 1 1/2 Stunden lang sichtbar	morgens 9 bis 10 3/4 Stunden lang sichtbar	abends noch 7 1/4 bis 5 1/2 Stunden lang im W sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar
im Januar	vom 11. ab abends im SW bis 1/2 Stunde lang sichtbar	die Sichtbar- keitsdauer wächst bis auf 2 1/2 Stunden	die Sichtbar- keitsdauer steigt bis auf 12 1/2 Stunden	die Sichtbar- keitsdauer nimmt ab bis auf 3 1/4 Stunden	die ganze Nacht hindurch sichtbar, Opposition am 4.

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Dez. 1, 19 ^h 49,1 ^m	Eintritt des III. Trabanten	Dez. 27, 20 ^h 30,6 ^m	Austritt des I. Trabanten
- 1, 22 ^h 37,6 ^m	Austritt - III.	Jan. 1, 21 ^h 53,9 ^m	- - II.
- 4, 20 ^h 15,1 ^m	- - I.	- 6, 18 ^h 45,2 ^m	- - III.
- 11, 22 ^h 10,7 ^m	- - I.	- 12, 18 ^h 50,2 ^m	- - I.
- 18, 20 ^h 45,5 ^m	Eintritt - IV.	- 13, 20 ^h 5,7 ^m	Eintritt - III.
- 18, 22 ^h 29,8 ^m	Austritt - IV.	- 19, 20 ^h 45,6 ^m	Austritt - I.
- 20, 18 ^h 35,1 ^m	- - I.	- 26, 19 ^h 9,1 ^m	- - II.
- 25, 19 ^h 15,5 ^m	- - II.		

Eine in Deutschland **unsichtbare, partielle Mondfinsternis** ereignet sich in den Vormittagsstunden des 20. Januar. Sie ist von Westeuropa ab im nördlichen atlantischen Ozean, Nordamerika und dem stillen Ozean bis zum nordöstlichen Asien hin sichtbar.

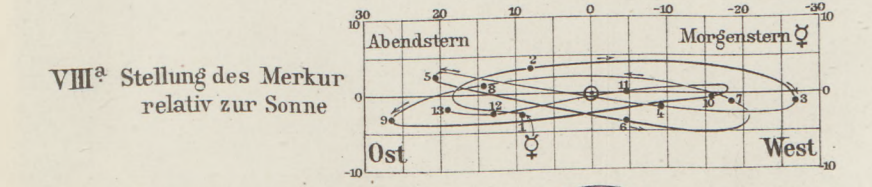
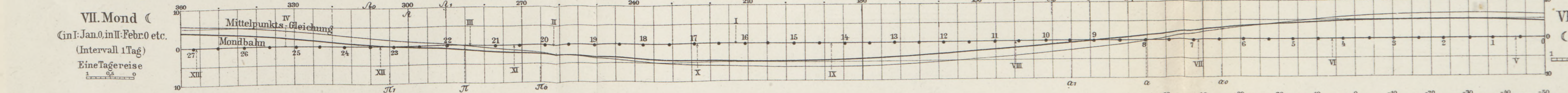
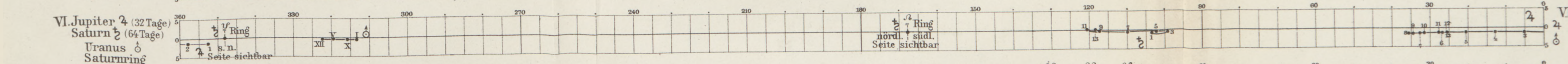
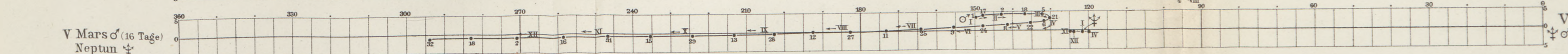
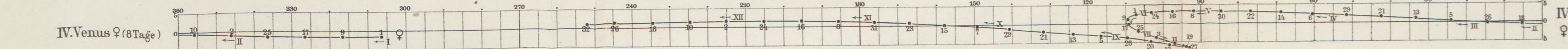
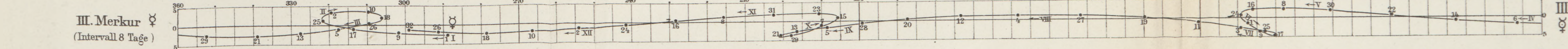
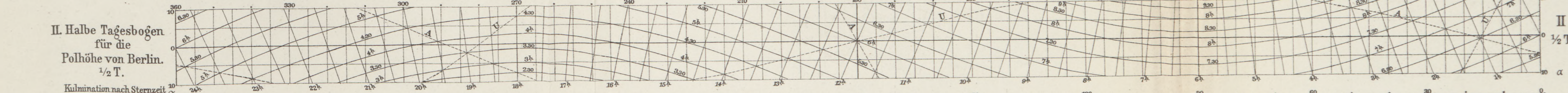
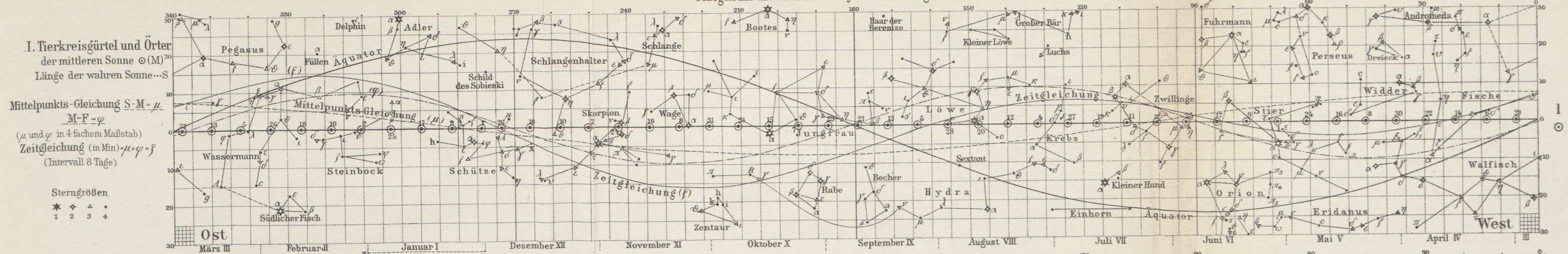
F. Koerber.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.



Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1916

bezogen auf das Koordinatensystem der Länge und Breite.



Abkürzungen in den Karten VI u. VIII:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I ₁	II ₂	III ₃	IV ₄	V ₅	VI ₆	VII ₇	VIII ₈	IX ₉	X ₁₀	XI ₁₁	XII ₁₂	XIII ₁₃

