

Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVIII. Jahrgang.

Zweites Heft.

März 1915.

Einfache Apparate und Versuche zur Luftelektrizität¹⁾.

Von

H. Geitel in Wolfenbüttel.

Zwei Gruppen von Erscheinungen kommen auf dem Gebiete der Luftelektrizität für den Unterricht in Frage; die eine umfaßt das elektrische Feld über der Erdoberfläche, die zweite die elektrische Leitfähigkeit, den Ionengehalt der Atmosphäre.

1. Zur Beobachtung und Messung des elektrischen Feldes der Erde ist für den Schulunterricht am bequemsten und völlig ausreichend die von F. EXNER angegebene Form des Aluminiumblatt-Elektroskops mit dem von Elster und mir vorgeschlagenen Abänderungen (Fig. 1, a und b). Die eine besteht darin, daß die

Metallsäule, an der die Aluminiumblätter befestigt sind, mittels des Bernsteinpfropfs *B* (Fig. 1, b) im Innern des Gehäuses eingelassen ist, die isolierende Oberfläche des Bernsteins also nicht unmittelbar mit der Außenluft in Berührung kommen kann. Da das Elektroskopgehäuse, solange das Instrument nicht benutzt wird, durch

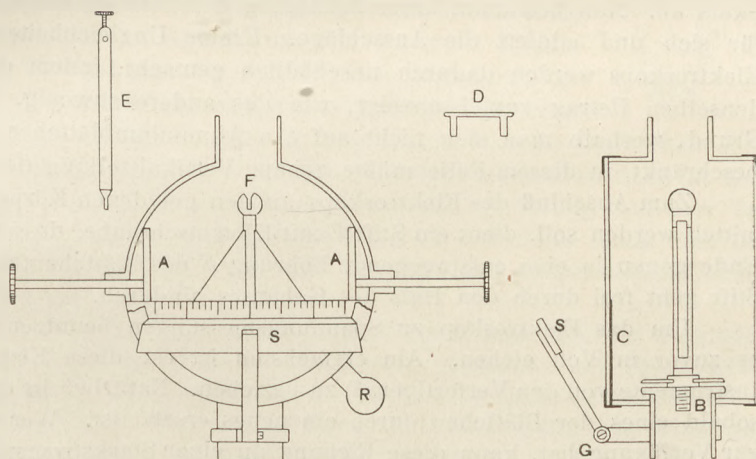


Fig. 1 a.

Fig. 1 b.

einen in den Hals eingeschobenen Deckel *D* verschlossen bleibt, so ist ein Verstauben des Bernsteins unmöglich gemacht. Hierdurch wird an sich schon eine vorzügliche Isolation gewährleistet; nur in Ausnahmefällen, bei Beobachtungen in sehr feuchter Luft, kann es notwendig werden, in die Trockenkammer *R* ein erbsengroßes Stück metallischen Natriums einzuführen. Durch das Natrium wird der Wasserdampf der im Elektroskopgehäuse enthaltenen Luft sehr wirksam beseitigt, so daß die Entstehung eines leitenden Wasserhäutchens auf dem Bernstein nicht möglich ist. Man achte

¹⁾ In den „Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften 1914, Nr. 4“ habe ich vor kurzem einige einfache Versuche beschrieben, die im Unterricht zur Einführung in die Grundtatsachen der Luftelektrizität dienen können; sie sind z. T. der Braunschweiger Pflingstversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts bei Gelegenheit eines Besuchs in Wolfenbüttel vorgeführt. In jenem kleinen Aufsätze, der wesentlich als eine Anregung aufzufassen ist, werden die Apparate und ihre Handhabung nicht eingehend beschrieben, im folgenden soll dies nachgeholt werden. — Man vgl. auch dieses Heft S. 105.

darauf, das Natriumstückchen, wenn seine Einführung ausnahmsweise notwendig war, sofort nach Gebrauch wieder zu entfernen, man läuft sonst Gefahr, das Innere des Elektroskops durch Natronlauge und Natriumkarbonat zu verunreinigen. Zur Reinigung der gläsernen Trockenkammer R , sofern sie noch metallisches Natrium enthält, darf Wasser nicht verwandt werden, zweckmäßig legt man die durch Abschrauben vom Elektroskope getrennte Kammer in Alkohol, nach Aufhören der Gasentwicklung spült man mit Wasser aus und trocknet bei gelinder Wärme.

Die beschriebenen Einrichtungen bezweckten die Isolation auch unter ungünstigen Verhältnissen aufrecht zu erhalten.

Wir wenden uns nun zu der Ablesung des Instrumentes. Da die Skala aus leicht ersichtlichen Gründen nicht unmittelbar an den Blättchen angebracht werden kann, so ist, um eine parallaxefreie Ablesung zu ermöglichen, eine Spiegelvorrichtung erforderlich. Zu diesem Zwecke ist der untere Abschnitt der dem Beobachter zugewandten kreisförmigen Glaswand des Elektroskopgehäuses innen versilbert. Vor dem so gebildeten Spiegel C kann die an einem Gelenke G befestigte Elfenbeinskala S durch Zurückklappen des Gelenkes so eingestellt werden, daß das Bild der Skala genau in die Ebene der vorderen Ränder der Aluminiumblätter fällt. Blickt man nun gegen den oberen geradlinigen Rand der Versilberung und hält das Auge so, daß dieser Rand zugleich mit dem des Spiegelbildes der Skala zusammenfällt, so liest man die Spreizung der Blättchen frei von Parallaxe und stets in gleicher Lage zur Skala ab. Man bestimmt, unter Schätzung der Zehntel, die Stellung jedes Blättchens für sich und addiert die Ausschläge. Kleine Ungleichheiten in der Neigung des Elektroskops werden dadurch unschädlich gemacht, indem das eine Blättchen nahe demselben Betrag zuviel anzeigt, wie das andere zuwenig. Hierin liegt auch der Grund, weshalb man sich nicht auf ein Aluminiumblättchen als Spannungsanzeiger beschränkt, in diesem Falle müßte genaue Vertikalstellung des Trägers verbürgt sein.

Zum Anschluß des Elektroskops an den geladenen Körper, dessen Spannung ermittelt werden soll, dient ein Stift E mit Klemmschraube, dessen unteres kegelförmiges Ende genau in eine entsprechende Bohrung F des Blättchenträgers hinein paßt, dieser Stift geht frei durch den Hals des Gehäuses hindurch.

Um das Elektroskop zu Spannungsmessungen benutzen zu können, muß man es zuvor in Volt eichen. Am einfachsten ist es, diese Eichung zugleich mit dem Instrumente von den Verfertigern²⁾ zu beziehen. Natürlich ist die Eichung zu erneuern, sobald eines der Blättchen durch ein neues ersetzt ist. Wer ein Präzisionsvoltmeter zur Verfügung hat, kann diese Eichung an einer Starkstromanlage selbst vornehmen; man versäume nicht, dabei einen sehr hohen (Wasser-) Widerstand zwischen das, am Gehäuse geerdete Elektroskop und die Spannungsquelle zu legen. Andernfalls kann es geschehen, daß ein Aluminiumblättchen verbrennt, wenn es bei zu großem Ausschlage seine Schutzbacke A berührt.

Neben dem Elektrometer ist zu den Messungen des Erdfeldes ein gut wirkender Kollektor erforderlich. Der von Exner vorgeschlagene Flammen-Kollektor besteht aus einem Lichtstümpfchen L , das innerhalb eines seitlich aufgeschnittenen als Windschutz dienenden Zylinders Z aus Messingblech oder Drahtgaze brennt (Fig. 2, a). Diese Einrichtung erfüllt ihren Zweck bei ruhiger Luft recht gut, alles dazu erforderliche kann leicht in einer kleinen Kapsel mitgeführt werden. Bei windigem Wetter verursacht das häufige Erlöschen der Flamme Verdruß; man erhält eine gegen den Wind widerstandsfähigere Flamme, indem man die Kerze durch ein Petroleumlämpchen ersetzt. Am bequemsten und jederzeit gebrauchsfähig ist ein Kollektor, dessen Wirkung auf der Ionisierung der Luft durch Radioaktivität beruht, von allen der-

²⁾ Alle hier beschriebenen Apparate werden von der Firma Günther und Tegetmeyer, Braunschweig, geliefert.

artigen Vorrichtungen kann der Ioniumkollektor in der von K. Bergwitz beschriebenen Form³⁾ am meisten empfohlen werden (Fig. 2, b). Radiumkollektoren sind zu vermeiden, da sie durch Emanationsentwicklung die Isolation der elektrischen Meßapparate verderben, mit Polonium überzogene Drähte sind von diesem Fehler frei, verlieren aber ihre Wirksamkeit schnell. Ionium in Verbindung mit Thoriumoxyd auf Emailglas eingeschmolzen (bei A, Fig. 2, b) ist praktisch von konstanter Wirksamkeit und bietet außerdem den Vorteil, daß wegen der kleinen Reichweite seiner α -Strahlen (2,8 cm) der Ort des Kollektors mit guter

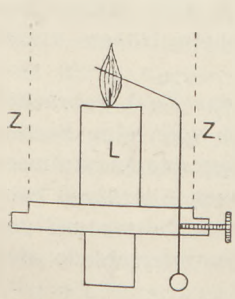


Fig. 2 a.

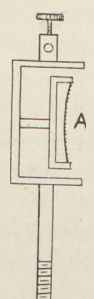


Fig. 2 b.

Annäherung zugleich der Punkt ist, dessen Potential das mit dem Kollektor verbundene Elektroskop angibt. Zudem läßt sich derselbe Kollektor als bequeme Quelle von α -Strahlen zum Nachweis der Ionenbildung in durchstrahlter Luft benutzen.

Um den Kollektor in verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche aufstellen zu können, verwendet man nach Exner Stäbe von gefirnißtem Ebonit, die durch Schraubenverbindungen oder

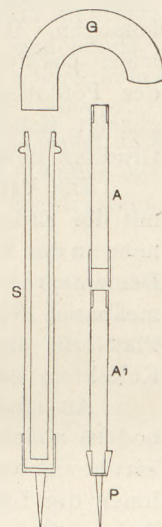


Fig. 3.

Metallhülsen aneinandergesetzt werden können. Bequem ist die ebenfalls von Exner vorgeschlagene Anordnung, bei der zwei Ebonitstäbe A und A' von je 50 cm Länge im Innern eines hohlen mit abschraubbarem Griffe G versehenen Spazierstockes untergebracht sind (Fig. 3); gebraucht man sie einzeln, zusammen oder indem man sie verbunden oben auf die hohle Scheide des Spazierstockes aufsetzt, während das andere Ende in dem Boden befestigt ist, so kann man Höhen des Kollektors von $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2 m über der Erdoberfläche herstellen. Um eine noch größere Höhe zu erreichen, erfaßt man das untere Ende des Stockes mit der Hand und hebt ihn samt den aufgesteckten Ebonitstäben frei in die Luft empor.

Zur Ausführung einer Messung des Erdfeldes begibt man sich bei möglichst heiterem, am besten windstillem und wolkenlosem Wetter, ausgerüstet mit Elektroskop, Kollektor, den Eboniträgern und einigen Metern dünnen Leitungsdrahtes auf einen freien ebenen baumlosen Platz. Der Eboniträger (zur Beseitigung von zufälligen Oberflächenladungen zuvor mit einer Spirituslampe abgeleuchtet) wird mittels der Spitze P in den Boden fest eingesteckt, der aufgesetzte Kollektor durch einen 4—5 m langen Draht mit dem Elektroskope leitend verbunden. Der Beobachter selbst, der das Elektroskop in der Hand hält, wie alle Zuschauer treten von dem Kollektor zurück, die Schutzbacken des Elektroskops werden zurückgezogen. Ist der Kollektor hoch genug über dem Erdboden, so beobachtet man ein Spreizen der Aluminiumblättchen. Im Winter sowie in den Morgenstunden der Sommermonate wird man bei einer Kollektorhöhe von 1 m einen deutlich meßbaren Ausschlag erwarten dürfen. Ist er zu klein, um bequem sichtbar zu sein, so muß der Kollektor höher gestellt werden. Das Vorzeichen der vom Elektroskope angezeigten Spannung ergibt sich leicht durch Nähern einer geriebenen Ebonit- oder Siegellackstange als positiv, hieraus schließt man auf eine negative Ladung des Erdbodens. Nur selten wird der Ausschlag völlig konstant sein, in der Regel beobachtet man ein langsames Auf- und Abschwingen der Blättchen. In der Tat ist das Erdfeld niemals konstant, besonders an dunstigen Tagen kommen starke Schwankungen vor, die auf vorüberziehende positive Ladungen in der Luft zurückzuführen sind. Man muß in diesem Falle das

³⁾ K. Bergwitz, Physik. Zeitschrift 12. S. 83. 1911.

Mittel aus den äußersten Lagen nehmen und den zugehörigen Potentialwert in der Eich-tabelle des Elektroskops aufsuchen.

Indem man den Kollektor in verschiedenen gemessenen Höhen aufstellt und die zugleich gefundenen Potentialwerte vergleicht, kann man sich leicht davon überzeugen, daß über einem ebenen größeren Stücke der Erdoberfläche das Potential der Atmosphäre gegen die Erde nahezu der Höhe proportional ist, das Erdfeld ist annähernd homogen. Genau trifft dies bekanntlich nicht zu, die schon erwähnte Anwesenheit freier positiver Elektrizität in der Luft bewirkt vielmehr eine allmähliche Abnahme des Potentialgradienten mit der Höhe, wie auch Beobachtungen vom Ballon aus gezeigt haben, doch ist selbst in den größten bis jetzt erreichten Höhen dieser Gradient noch von Null verschieden und positiv.

Die Verbiegung der Flächen gleichen Potentials durch in das Feld gebrachte mit der Erde verbundene Leiter zeigt man am einfachsten, indem man eine Person nahe an den Kollektor herantreten läßt, die Elektroskopblättchen sinken dann zusammen. Dementsprechend stellt sich an geschützten Orten, z. B. unter Bäumen überhaupt kein meßbares Feld heraus, während auf dem Gipfel eines Hügels, noch besser auf der Plattform eines Aussichtsturms die Blättchen für gleiche Höhenunterschiede des Kollektors stärker auseinanderfahren als in der Ebene.

An einem nebligen Wintertage ist das Potentialgefälle in der Nähe des Erdbodens außerordentlich groß (bis gegen 1000 Volt auf das Meter). Die Erscheinung beruht auf Ionenadsorption im Nebel; die im Erdfelde nach unten wandernden positiven Ionen der Luft bleiben in der Nebelschicht stecken, zwischen ihr und der negativen Erdoberfläche bildet sich eine hohe Potentialdifferenz aus.

Sehr stark wechselnde Beträge des Erdfeldes, auch negative, beobachtet man, sobald Niederschläge in der näheren oder fernerer Umgebung fallen, besonders, wie leicht ersichtlich, bei gewittrigem Wetter. Es dürfte lehrreich sein, gelegentlich zu zeigen, wie weit die von einem aufziehenden Gewitter oder einer Böe ausgehende Störung des Erdfeldes reicht; viele Kilometer weit entfernte Blitzentladungen bewirken sofortige Änderungen im Stande der Elektroskopblätter.

Auf eine genauere Untersuchung der Veränderlichkeit des störungsfreien, bei heiterem Himmel beobachteten Erdfeldes im Laufe des Tages und des Jahres sich einzulassen, ist nicht zu empfehlen; bei der schwankenden Natur der zu messenden Größe sind die Gesetzmäßigkeiten erst aus einer großen Menge von Einzelbeobachtungen mit Sicherheit abzuleiten.

Daß aber periodische Veränderungen auftreten, die sowohl mit der Tages- wie mit der Jahreszeit im Zusammenhang stehen, zeigt, daß das Erdfeld nicht einfach eine elektrostatische Erscheinung, hervorgerufen durch eine unveränderte negative Eigenladung des Erdkörpers sein kann.

Hier tritt nun eben die zweite schon eingangs hervorgehobene Eigenschaft der Atmosphäre ergänzend ein; die Luft ist kein vollkommener Isolator, sondern sie gestattet eine gewisse Elektrizitätsbewegung, insbesondere auch einen Austausch elektrischer Ladungen mit dem gut leitenden Erdkörper.

2. Es ist von grundlegender Bedeutung, die Ableitung elektrischer Ladungen von einem geladenen Körper durch alleinige Vermittlung der Luft in überzeugender Weise zu zeigen.

Hierzu benutzen wir wiederum das Exnersche Elektroskop, zweckmäßig, aber nicht notwendig, in etwas größerer Ausführung als es zu den Messungen des Erdfeldes (zu denen es in der Tasche mitgenommen wurde) bequem war (Fig. 4). Anstelle des Stiftes, der zum Anschluß des Elektroskops an eine Drahtleitung diente, führen wir einen einfachen Metallstab K in den Hals des Gehäuses ein, der ebenfalls sicher in der kegelförmigen Bohrung des Blättchenträgers ruht. Die Form dieses Leiters ist gleichgiltig, anstatt des Stabes kann man auch eine Metallkugel mit Stiel benutzen.

Wir werden zu dem ersten der folgenden Versuchen uns einen einfachen Stab von 25 cm Länge und 0,5 cm Dicke verwandt denken, zu den spätern einen solchen von T-form, dessen horizontaler Teil 24 cm, dessen senkrechter 20 cm mißt.

Nachdem der „Zerstreuungsstift“ *K* eingeführt ist, und die Schutzbacken (*AA* Fig. 1) des Elektroskops zurückgezogen sind, erteilen wir ihm eine gewisse positive oder negative Ladung, deren Spannung wir an den Blättchen mittelst der Eich-tabelle feststellen. Wir geben dem Instrument einen solchen Platz, daß im Laufe mehrerer Stunden eine Berührung des Stiftes sowie eine Lagenveränderung der benachbarten Gegenstände ausgeschlossen ist. Schon nach Verlauf einer halben Stunde, noch deutlicher nach längerer Zeit erkennen wir die allmähliche Abnahme der Spannung. Nun besteht der geladene Körper in diesem Versuche aus dem Zerstreuungsstift und dem daran angeschlossenen Blättchenträger einschließlich der Blättchen. Außer mit dem als Isolator dienenden Bernsteinpfropf ist er nur mit der Luft im Elektroskopgehäuse und der Außenluft in Berührung. Die von ihm abfließende Elektrizität kann also nur zwei Wege einschlagen, nämlich über und durch den Bernstein oder durch die Luft. Wir untersuchen zunächst, ob der Abfluß durch Vermittlung des Bernsteins von Bedeutung ist. Zu dem Zwecke entfernen wir den Zerstreuungsstift und setzen an seiner Stelle vorübergehend einen anderen kürzeren auf, Fig. 4 *H*, dessen Griff *G* aus Ebonit gebildet ist. Berühren wir nun den Stift bei *Q* mit einer Elektrizitätsquelle (sehr bequem ist eine Trockensäule, die auch zu den späteren Versuchen gebraucht wird), so können wir den Stift von dem Blättchenträger abheben, ohne diesen zu entladen, indem wir ihn an dem Ebonitgriffe anfassen. Es bleiben so die Blättchen mit ihrem Träger geladen in dem Elektroskopgehäuse zurück. Wir stellen wiederum ihre Spannung aus der abgelesenen Spreizung fest und wiederholen die Ablesungen in Zwischenräumen von etwa einer Stunde. Es zeigt sich, daß die Entladung jetzt viel langsamer vor sich geht, als

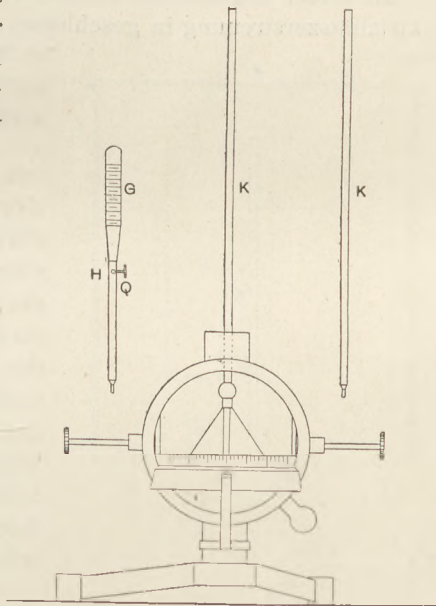


Fig. 4.

bei in die freie Luft hervorragendem Zerstreuungsstifte, die Spannung der Blättchen erhält sich jetzt tagelang, besonders wenn man das Elektroskopgehäuse oben durch Einschieben des Deckels *D* abschließt. Wenn ein merklicher Elektrizitätsfluß über oder durch den Bernstein stattfände, so müßte mindestens die gleiche Spannungsabnahme beobachtet werden, wie bei aufgesetztem Zerstreuungsstift, streng genommen sogar eine etwas größere, da ja die elektrische Kapazität bei gleicher Spannung nach Entfernung des Zerstreuungsstiftes kleiner geworden ist.

Der Versuch hat daher in unzweideutiger Weise ergeben, daß ein Elektrizitätsfluß von einem geladenen Leiter durch die umgebende Luft stattfindet, über die Art dieser Elektrizitätsbewegung, vor allem, ob die Luft selbst oder der in ihr schwebende Staub der Träger der entwichenen freien Elektrizität war, sagt er nichts aus.

Der unmittelbare Beweis für die Nichtbeteiligung des Staubes an der „Elektrizitätszerstreuung“ würde darin bestehen, daß man den vorigen Versuch in völlig staubfrei gemachter Luft wiederholte und dabei feststellte, daß der Elektrizitätsverlust dadurch nicht vermindert wird. In dieser Form ist der Nachweis im Unterrichte schwer zu führen und auch die überzeugende Kraft des Versuches würde, da der Schüler äußerlich keinen Unterschied zwischen gewöhnlicher und staubfreier Luft bemerkt, nicht

gerade groß sein. Viel schlagender ist die umgekehrte Methode; man macht den Zerstreuungsversuch in Luft, die künstlich mit Staub überladen ist. Man kann zu diesem Zwecke in dem Klassenzimmer bei geschlossenen Fenstern Salmiakstaub verbreiten, indem man zwei Schalen nebeneinander stellt, von denen die eine rauchende Salzsäure, die andere Ammoniakwasser enthält und die aufsteigenden Gase durch kräftige Luftbewegung vermischt. Dabei darf man den Salmiaknebel etwa von derselben Stärke nehmen, wie sie ein ordentlicher Morgennebel im Winter zeigt, ohne daß diese Luftverunreinigung durch den Salmiak besonders lästig empfunden würde. Auch Tabakrauch ist in gleicher Weise brauchbar. Das Ergebnis des Zerstreuungsversuches ist überraschend: es ergibt sich im Nebel ein viel kleinerer Ladungsverlust für gleiche Zeiten als in klarer Luft. Weit entfernt also davon, die Zerstreuung der Elektrizität zu begünstigen, hindern vielmehr die in der Luft schwebenden Nebelteilchen die Elektrizitätsbewegung.

In dieser Eigenschaft staubiger Luft liegt der Grund, daß im allgemeinen die Elektrizitätszerstreuung in geschlossenen Klassenzimmern, deren Luft immer viel Staub enthält, kleiner zu sein pflegt, als in der Nähe eines geöffneten Fensters oder im Freien, wenn nicht gerade draußen selbst neblig Wetter herrscht.

Durch die beschriebenen Versuche ist gezeigt, daß der Abfluß der Elektrizität von einem geladenen Körper aus in die Luft auf einer wahren Leitung durch die letztere beruht. Nun kennt man aber nur eine Art der Elektrizitätsleitung in Gasen, nämlich die durch Ionen vermittelte. Gerade das Verhalten staubhaltiger Luft ist eine Bestätigung der Iontheorie der Elektrizitätsleitung in Gasen, die Hemmung des Elektrizitätsflusses beruht eben darauf, daß die Ionen der Luft an den Staubteilchen hängen bleiben (Ionenadsorption) und durch die damit verbundene ungemeine Vermehrung der trägen Masse ihre Beweglichkeit im elektrischen Felde des geladenen Körpers verlieren.

Noch auf andere Weise, als durch die hemmende Wirkung des Staubes auf die Elektrizitätsbewegung in der Luft, läßt sich diese letztere als durch Ionen vermittelt erkennen.

Man kann allerdings zweifelhaft sein, ob der quantitative Nachweis der ständigen Ionisierung der Luft, d. h. die Tatsache, daß in gleichen Zeiten in der

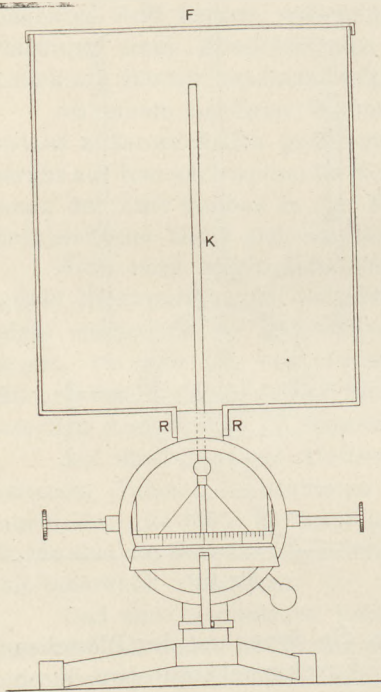


Fig. 5.

Volumeinheit der Luft gleichviel positiv und negativ geladene Ionen entstehen, in den Schulunterricht gehört. An und für sich bietet er keine besonderen Schwierigkeiten. Man setzt zu diesem Zwecke auf das mit dem Zerstreuungsstab *K* ausgerüstete Elektroskop einen Metallzylinder auf, dessen untere Fläche in der Mitte ein auf dem Hals des Elektroskops passendes Röhren *R* trägt, die obere Fläche *F* ist wie ein Deckel abnehmbar (Fig. 5). Es ist vorteilhaft den Zylinder nicht unter 4–5 Litern Inhalt zu wählen, andernfalls nehmen die Versuche wegen der Kleinheit der Zerstreuung in seinem Innern sehr lange Zeit in Anspruch. Um dem Zerstreuungsstab eine elektrische Ladung mitzuteilen, hebt man den Deckel des Zylinders ab, berührt den Stab einen Augenblick mit dem einen Pole einer Trockensäule, deren anderen man in der Hand hält und setzt den Deckel wieder auf. In dem beschränkten Raume des Zylinders (auch infolge der Vergrößerung der Kapazität) geht die Zerstreuung viel langsamer vor sich als in freier Luft. Das Ergebnis einer durch

mehrere Stunden fortgeführten Beobachtungsreihe ist, daß die Spannung des geladenen Leiters in gleichen Zeiten um gleiche Beträge sinkt, oder, da seine Kapazität beim Zusammenfallen der Blättchen sich nicht wesentlich ändert, daß in gleichen Zeiten gleiche Elektrizitätsmengen auf ihm durch Berührung mit der Luft neutralisiert werden. Die Erscheinung ist bekanntlich die des „Sättigungsstromes“, sie bedeutet, daß alle in dem abgeschlossenen Raume entstehenden Ionen, deren Vorzeichen zu dem der Ladung des Zerstreungsstabes entgegengesetzt ist, zu diesem herangezogen werden und seine Spannung allmählich herabmindern. Dieser Sättigungsstrom tritt erst oberhalb einer gewissen unteren Grenze der elektrischen Feldstärke ein, nämlich dann, wenn die freiwillige Wiedervereinigung der Ionen durch das elektrische Feld unmöglich gemacht wird. Hierzu reicht aber bei den gewählten Abmessungen des Luftraumes die kleinste, an dem Spreizen der Aluminiumblättchen merkbare Spannung schon nahezu aus, man beobachtet also den Sättigungsstrom innerhalb des ganzen Spannungsbereiches, für dessen Messung das Elektroskop geeignet ist.

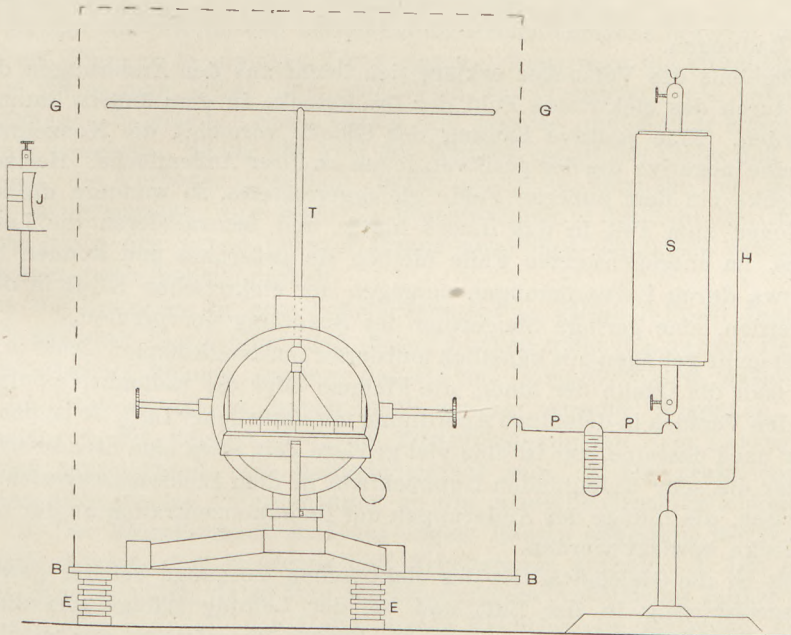


Fig. 6.

Für den Schulunterricht passender als diese immerhin langwierigen Versuche sind diejenigen, die sich auf die Bewegung der Ionen unter dem Einfluß elektrischer Kräfte gründen und die wir kurz als Methoden des „Ionenfanges“ kennzeichnen können.

Es ist zweckmäßig, diese Vorfürhungen zunächst an künstlich ionisierter Luft zu machen und sie dann erst an gewöhnlicher Luft zu wiederholen. Wir setzen das Elektroskop (Fig. 6) mit aufgestecktem T-förmigen Zerstreungskörper T auf einen durch drei Ebonitfüße E isoliertes Metallteller B und darüber eine Glocke G aus Drahtgeflecht (Maschenweite etwa 1 cm) deren Rand auf dem Metallteller ruht und die den Zerstreungskörper nirgends berührt. Das Elektroskop ist somit allseitig von einem isolierten Faradayschen Käfig umgeben. Wir erteilen ihm nun eine Ladung; da es isoliert aufgestellt ist, geschieht dies in folgender Weise. Wir fassen eine Trockensäule von der in Fig. 6 S dargestellten Form bei dem einen, etwa dem negativen Pole, und berühren mit dem andern durch eine Masche des Drahtnetzes hindurch das eine Ende des T-Leiters, während unsere freie Hand zugleich den Metallteller ableitet.

Ziehen wir jetzt beide Hände zurück, so bleibt der T -Leiter samt den Elektroskopblättchen positiv geladen zurück. Alsdann hängen wir die Trockensäule an einem nicht isolierten Halter H mit dem negativen Pole auf und verbinden den positiven durch den mit isolierender Handhabe versehenen Draht P mit der Drahtnetzglocke.

Machen wir nun die Luft außerhalb der Glocke in der Nähe des einen Endes des horizontalen T -balkens leitend, indem wir etwa eine kleine Flamme oder unsern Ioniumkollektor J an diese Stelle bringen, so erkennen wir, wie die Elektroskopblätter sehr schnell zusammenfallen.

Wird dagegen die Drahtglocke mit dem negativen Pole der Trockensäule verbunden, die jetzt an dem positiven aufgehängt ist und im übrigen das Elektroskop wieder wie bei dem vorigen Versuch positiv geladen, so bewirkt die Annäherung der Flamme oder des Ioniums kein Zusammenfallen der Elektroskopblätter mehr.

Allgemein findet man stets eine schnelle Entladung des Elektroskops, wenn seine freie Elektrizität zu der der Drahtglocke gleichnamig ist, eine nur geringe, oder gar eine kleine Steigerung der angezeigten Spannung bei entgegengesetzten Vorzeichen der beiden Ladungen.

Das Ergebnis des Versuches erklärt sich leicht aus den Änderungen der Iondichte, die durch das elektrische Feld der Drahtglocke in dem äußern Raume hervorgerufen werden. Eine positive Ladung der Glocke vermehrt die Konzentration der negativen, eine negative die der positiven Ionen an ihrer Außenfläche. Herrscht innerhalb der Glocke ein dem äußeren Felde gleichgerichtetes, so wandern die außen angehäuften Ionen zum Teil in das Innere hinein und neutralisieren die Ladung des Elektroskops, im entgegengesetzten Falle bleiben sie außerhalb und können höchstens, wenn sie etwa durch Luftströmungen entgegen der elektrischen Kraft in das Innere gedrängt werden, eine geringe Steigerung der Spannung hervorrufen.

Die Versuche gelingen mit künstlich ionisierter Luft vollkommen sicher in kürzester Zeit. Läßt man die Quelle der Ionen, die Flamme oder die radioaktive Substanz fort und macht den Versuch in derselben Anordnung mit natürlicher Luft, so ist das Ergebnis seiner Natur nach dasselbe, nur ist eine viel größere Zeit, etwa eine Stunde erforderlich, um auch hier die sehr bedeutenden Unterschiede in dem Elektrizitätsverluste hervortreten zu lassen, die infolge der Änderungen der Ionenkonzentration an der Oberfläche der Drahtglocke bewirkt werden.

Hiermit ist die Gleichartigkeit des elektrischen Vorgangs bei der gewöhnlichen Elektrizitätszerstreuung in der Luft und bei der Leitung infolge künstlicher Ionisierung erwiesen. Es blieben nun noch die Fragen zu erörtern, aus welcher Quelle die atmosphärischen Ionen stammen und wie die Erscheinungen der atmosphärischen Elektrizität mit dem Ionengehalt der Luft zusammenhängen. Die erste Frage ist durch den Nachweis des Vorhandenseins radioaktiver Emanationen (des Radiums und Thoriums), die dem Erdboden entstammen, als im wesentlichen beantwortet anzusehen. Es geht wohl über die Grenzen des Schulunterrichts hinaus, die Anwesenheit dieser Emanationen in der Luft wirklich zu zeigen. Die Versuchsanordnung dazu ist im übrigen leicht zusammenzustellen⁴⁾.

Ebenso sind die Wechselbeziehungen zwischen dem elektrischen Felde der Erde und dem Ionengehalte der Atmosphäre in der Schule kaum zu behandeln; sie sind in wesentlichen Stücken überhaupt noch nicht befriedigend geklärt. Wir besitzen einige gute Werke über Luftelektrizität, aus denen sich der Lehrer über dieses Gebiet der Erdphysik Aufklärung verschaffen kann⁵⁾.

⁴⁾ J. Elster u. H. Geitel, Phys. Zeitschr. **3**, S. 305, 1902.

⁵⁾ H. Mache u. E. von Schweidler, Braunschweig 1909. A. Gockel, Leipzig 1908. K. Kähler, Sammlung Göschen, 1913.

Schülerübungen in gleicher Front aus der Optik.

Von

Dr. Wilhelm Bahrdt in Groß-Lichterfelde.

Das neue Lehrverfahren im physikalischen Unterricht, die teilweise Ersetzung des Demonstrationsunterrichts durch Schülerübungen in gleicher Front, hat bislang noch nicht die allgemeine Verbreitung gefunden, die es seinem inneren Werte nach verdient und die seine Anhänger anfänglich erhofft hatten. An der Mehrzahl der Schulen, die Schülerübungen eingeführt haben, werden diese nach der regellosen Arbeitsweise in fakultativen Stunden abgehalten und kommen nur einem Teile der Schüler zugute. Ja, manche Lehrer, die Versuche mit dem neuen Lehrverfahren angestellt haben, verlassen es wieder, um zu den alten Methoden zurückzukehren, die sie zwar für weniger zweckmäßig, aber für leichter durchführbar halten.

Der Hauptgrund für diese Erscheinung liegt wohl darin, daß bisher eine zu geringe Anzahl von praktischen Beispielen für solche Versuche bekannt geworden sind, die sich als Übungen in gleicher Front eignen. Liest man die einschlägige Literatur durch, so findet man leider eine große Zahl von Versuchen, die unter der Flagge Schülerübungen in gleicher Front segeln, die aber bei praktischer Erprobung sich als ungeeignet erweisen. Häufig hat wohl der Wunsch, möglichst Vieles und Vollständiges zu bringen, die Verfasser veranlaßt, wenig geeignete Versuche mit guten Schülerübungen zu vermischen; eine maßvolle Beschränkung in der Zahl der Übungen würde der Verbreitung des neuen Lehrverfahrens zweifellos dienlicher gewesen sein, als jenes Streben nach Vollständigkeit.

Um die Kriterien für gute Schülerversuche in gleicher Front festzulegen, muß man sich zunächst klarmachen, daß diese Übungen nicht den ganzen Demonstrationsunterricht ersetzen können, sondern daß sie nur in beschränktem Maße dazu geeignet sind. Die Schülerversuche haben nach meiner Ansicht folgenden Bedingungen zu genügen: 1. Sie müssen in engem Zusammenhang mit dem Lehrpensum stehen; sie müssen grundlegend, ihre Methode einfach sein. 2. Die praktische Ausführung darf keine allzu großen Anforderungen an die manuelle Geschicklichkeit der Schüler stellen. 3. Der Einzelversuch muß auf engem Raume angestellt werden können, da eine ganze Klasse sich in demselben Arbeitsraum aufhält. 4. Die erforderlichen Apparate müssen billig, dabei ihre werkstattmäßige Ausführung sauber sein.

Überblickt man an der Hand dieser Kriterien die einzelnen Abschnitte der Experimentalphysik, so findet man für die meisten Kapitel Übungen, die sich mit geringen Mitteln in gleicher Front anstellen lassen. Am meisten Schwierigkeiten bietet wohl der Galvanismus, da man hier teure Apparate, wie Amperemeter, Voltmeter, Widerstände, Elemente u. a., nicht entbehren kann. Am geeignetsten für Schülerübungen sind die Lehre von der Wärme und die Optik.

Aus der Optik habe ich im folgenden eine Anzahl von Versuchen zusammengestellt, die ich seit mehreren Jahren praktisch in meinem Unterricht erprobt habe. Bis zu 30 Schülern arbeiteten zu gleicher Zeit meist in Gruppen zu dreien, manchmal in Gruppen zu zweien. Zu Beginn der Stunde wurde die Übung kurz besprochen, dann nahmen die Gruppenführer die erforderlichen Apparate in Empfang, darauf wurde die Übung angestellt. Nach Beendigung lieferten die Gruppenführer die Apparate wieder ab, und es folgte eine Kritik. Meist wurde am Schlusse derselben die Aufgabe für die nächste Stunde kurz angedeutet. Schülerübungen aus der Optik habe ich in Untersekunda und in Prima während der obligatorischen Unterrichtsstunden ausführen lassen. Einige der im folgenden beschriebenen Versuche eignen sich nur für die Prima; die anderen sowohl für die Unterstufe als auch für die Oberstufe.

Einige der folgenden Versuche erinnern an die bekannten Hahnschen Stecknadelversuche. Doch habe ich es für einfacher und praktischer gefunden, anstatt die Strahlen als Verbindungslinien der Fußpunkte von Stecknadeln festzulegen, sie durch gerade Bleistiftstriche zu zeichnen¹⁾.

Für die Übungen werden ausschließlich die folgenden Apparate²⁾ benutzt.

1. Vier optische Stative (pro Stück M 1,75). Fig. 1 und 2 stellen die Einrichtung eines solchen dar. Zwei vertikale Holzleisten AA ($10 \times 3 \times 1 \text{ cm}^3$) sind an ihren Innenflächen mit je drei Einfräsungen versehen, in die Linsen, Spiegel, Aufhängeschirme aus Karton u. dgl. eingeklemmt werden können. Ihr seitlicher Abstand läßt sich in den Grenzen 0 bis etwa 10 cm mit Hilfe zweier horizontalen Führungsleisten BB ($11 \times 3 \times 0,8 \text{ cm}^3$) verändern, von denen je eine an einer Holzleiste A starr

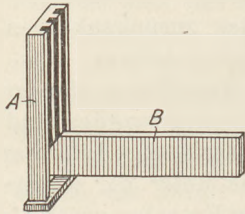


Fig. 1.

befestigt ist (Fig. 2) und durch eine ihrem Querschnitt entsprechende rechteckige Öffnung in der andern Holzleiste A hindurchgeht. Die Reibung der Führungsleisten BB aneinander und in ihren lochförmigen Lagern ermöglicht es, Linsen, Spiegel u. dergl. mit hinreichender Sicherheit in den Einfräsungen der Holzklötze AA fest-

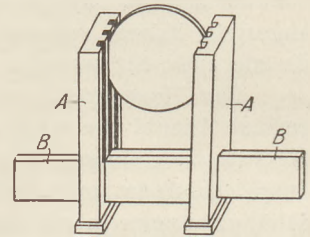


Fig. 2.

zuklemmen; wird jedoch die Reibung durch längeren Gebrauch des Stativs oder andere Ursachen zu gering, so steckt man zwischen die Berührungsflächen der beiden Führungsleisten ein Stück Papier. Damit die zwischen den Leisten A festgeklemmten Gegenstände nicht vermöge ihres Gewichts nach unten gleiten, stehen die Leisten A nicht genau vertikal, sondern ihr oberer Abstand ist um ein wenig größer als ihr unterer. A und B bilden also miteinander einen Winkel, der etwas größer als 90° ist.

2. Eine Stearinkerze (M 0,10), die in 3 Teile zerschnitten wird.

3. Vier quaderförmige Holzklötze (pro Stück M 0,20) von der Größe $6 \times 4 \times 2,5 \text{ cm}^3$ als Unterlage für die Stearinkerzen. Mit ihrer Hilfe läßt sich die Höhe der Kerzenflamme über der Tischplatte, je nachdem man irgendeine Seitenfläche des Klotzes als Grundfläche wählt, in kleinen Grenzen regulieren.

4. Ein Bogen weißes Kartonpapier (M 0,10).

5. Ein Bogen schwarzes Kartonpapier (M 0,10). Aus diesen beiden Papierbogen schneiden sich die Schüler selbst Aufhängeschirme, Blenden usw. heraus.

6. a) Zwei versilberte ebene Glasspiegel ($6 \times 2,5 \text{ cm}^2$), deren unversilberte Flächen mit Siegellack an Bausteinen befestigt sind (pro Stück M 1,20).

b) Ein versilberter, ebener Glasspiegel ($6 \times 2,5 \text{ cm}^2$) ohne Steinsockel (M 0,60).

7. Ein Millimeterlineal (M 0,10).

8. Ein Transporteur (M 0,10).

9. Ein planparalleler Glasstreifen, $8 \times 4 \times 0,6 \text{ cm}^3$ (M 0,60).

10. Ein gleichseitiges Glasprisma, 5 cm hoch, 5 cm Seitenlänge (M 2,50).

11. Ein Hohlspiegel; Spiegeldurchmesser 7,5 cm, Brennweite etwa 15 cm (M 2,50).

12. Eine auf Glas geritzte Millimeterteilung, $7 \times 4 \times 0,2 \text{ cm}^3$ (M 0,60).

13. Ein erhabener Spiegel; Spiegeldurchmesser 7,5 cm (M 2,50).

14. Ein Zollstock (M 0,20).

¹⁾ *Anm. d. Redaktion.* Dies Verfahren hat auch Hahn (Handbuch, 1. Aufl., S. 251, 259, 262, 265) angegeben; er zieht aber in den meisten Fällen das Stecknadelverfahren vor.

²⁾ Die Apparate liefert die Firma Leppin & Masche, Berlin SO, Engelufer 17.

15. Je ein blaues und rotes Glas, $10 \times 7 \text{ cm}^2$ (pro Stück M 0,30).

16. Drei Sammellinsen mit den Brennweiten 5 cm (M 0,75); 8 cm (M 0,50) und 25 cm (M 0,50).

17. Eine Zerstreuungslinse (M 1,25).¹

Außer diesen Apparaten (Gesamtpreis für jede Schülergruppe M 23,80) brauchen die Schüler einen Bleistift, einige Stecknadeln, einen Zirkel und ein Taschenmesser oder eine Schere zum Ausschneiden von Auffangeschirmen und Blenden.

Geradlinige Ausbreitung des Lichts.

1. Camera obscura. Ein rechteckiges Blatt aus schwarzem Kartonpapier wird in der Mitte mit einer kleinen Öffnung versehen und in das optische Stativ geklemmt. An der einen Seite stellt man auf einem Holzklotz eine brennende Stearin-kerze, auf der andern Seite als Auffangeschirm ein rechteckiges weißes Kartonblatt im optischen Stativ auf. Verdunkelung des Zimmers ist unnötig. Zu helles Tageslicht wird durch schwarzes Kartonpapier abgeblendet.

Beobachte die Größe und Lichtstärke des Bildes für verschiedene Gegenstands- und Bildweiten und für verschiedene Lochgrößen.

Apparate: 1 (zweifach), 2, 3, 4, 5.

Versuche mit ebenen Spiegeln.

2. Bei der Reflexion des Lichts an ebenen Spiegeln ist der Einfallswinkel gleich dem Reflexionswinkel. Ein weißes Kartonblatt ($20 \times 20 \text{ cm}^2$) wird auf die Tischplatte gelegt. Auf das Blatt setzt man einen versilberten Glas-spiegel (an Baustein), die spiegelnde Fläche senkrecht zum Blatt. Man zeichnet nun unter beliebigem Winkel gegen die Spiegelfläche einen geraden Bleistiftstrich *I* (Fig. 3), der nicht bis zum Spiegel ausgezogen werden braucht, und fixiert die Lage des Spiegelbildes dieser Geraden, indem man auf dem Kartonblatt ein Lineal so lange verschiebt, bis seine Kante sich mit dem Spiegelbilde deckt; diese Richtung *II* wird wieder durch einen Bleistiftstrich fixiert. Dann fährt man mit dem Bleistift an der spiegelnden Kante entlang. Endlich entfernt man den Spiegel, verlängert die Linien *I* und *II* bis zum Schnittpunkt, errichtet in diesem das Einfallslot *L* und mißt mit einem Transporteur Einfallswinkel und Reflexionswinkel.

Apparate: 4, 6, 7, 8.

3. Beim ebenen Spiegel liegt das Bild eines Punktes ebensoweit hinter dem Spiegel wie der Punkt selbst vor demselben; die Verbindungs-linie beider Punkte steht senkrecht zum Spiegel. Versuchs-anordnung ähnlich wie bei Versuch 2. Von einem Punkte *A* aus zieht man eine Reihe von Strahlen *I* (Fig. 4) nach der Spiegelgeraden und legt die Richtungen *II* der reflektierten Strahlen und der spiegelnden Fläche fest. Nach Fortnahme des Spiegels verlängert man die Geraden *II* nach rückwärts bis zu ihrem Schnittpunkte *B*. Man verbindet dann *A* mit *B* und mißt die Winkel, die *AB* mit der Spiegelrichtung bilden, sowie die Abstände der Punkte *A* und *B* von dieser Richtung.

Apparate: 4, 6, 7, 8.

Der Versuch läßt sich in anderer Weise mit Hilfe eines rechteckigen Spiegel-glasstreifens zeigen, der mit seiner langen schmalen Seitenfläche auf ein Kartonblatt gestellt wird. Man zeichnet auf das Blatt mit Bleistift oder Tinte ein Kreuz in einigem

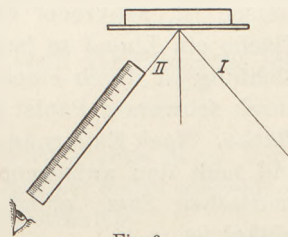


Fig. 3.

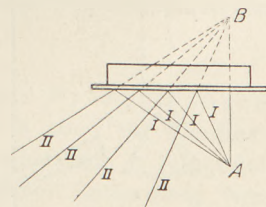


Fig. 4.

Abstand von der Spiegelfläche, sucht sein Spiegelbild (deren es zwei gibt, da Vorder- und Rückfläche spiegeln) auf und fixiert seine Lage. Falls es nötig ist, blendet man hierbei fremdes Licht durch einen schwarzen Kartonschirm ab. Man mißt nun die Abstände des Kreuzes und seiner Bilder von den spiegelnden Flächen.

Apparate: 4, 5, 7, 9.

4. Winkelspiegel. Zwei ebene Spiegel (an Bauklötzen) werden auf ein weißes Kartonblatt so gestellt, daß sie einen vorher auf das Blatt H gezeichneten Winkel von vorgeschriebener Größe bilden. Die Anzahl und die verschiedene Helligkeit der Bilder wird beobachtet. Spezialfall: Die Spiegelflächen laufen parallel.

Apparate: 2, 4, 6 (zweifach), 7, 8.

5. Dreht man einen ebenen Spiegel aus seiner Richtung um einen Winkel α , so dreht sich ein reflektierter Lichtstrahl dabei um den Winkel 2α . (Anwendung beim Sextanten und der Gauß-Poggenдорffschen Spiegelablesung.)

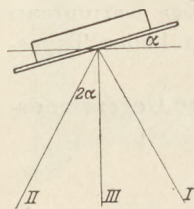


Fig. 5.

Man zeichnet unter beliebigem Winkel gegen den Spiegel (Versuchsordnung wie in Vers. 2) einen Strahl I und fixiert den reflektierten Strahl II und die Spiegelrichtung (Fig. 5). Darauf dreht man den Spiegel um einen beliebigen Winkel α und fixiert wieder den reflektierten Strahl III und die neue Spiegelrichtung. Endlich mißt man die Winkel zwischen den Strahlen II , III und zwischen den Spiegellagen; beide Winkel werden miteinander verglichen.

Apparate: 4, 6, 7, 8.

6. Messung eines Flächenwinkels. 1. Methode. Man stellt ein dreiseitiges Prisma aus Glas auf ein Kartonblatt, so daß die beiden Flächen, deren Winkel zu messen ist, senkrecht darauf stehen. Dann verschiebt man zunächst vor der einen Fläche ein Lineal so lange, bis sein Spiegelbild mit ihm eine Gerade bildet; diese Richtung ist durch einen Bleistiftstrich zu fixieren. Fremdes Licht wird nötigenfalls durch schwarzes Papier abgeblendet. Denselben Versuch macht man mit der zweiten Fläche. Nach Entfernung des Prismas verlängert man beide Geraden bis zum Schnitt und mißt den zwischen ihnen liegenden Winkel, der nach einem bekannten planimetrischen Satze gleich dem gesuchten Winkel bzw. gleich seinem Supplementwinkel ist.

Die Messung ist auch anwendbar auf Kristalle, die mit etwas Plastilin so auf dem Kartonblatt aufzustellen sind, daß die Kante, in der die beiden Flächen zusammenstoßen, senkrecht steht.

Apparate: 4, 5, 7, 8, 10.

2. Methode. Man zeichnet auf ein Kartonblatt zwei parallele Geraden (Fig. 6) und setzt das Prisma derart auf das Blatt, daß die brechende Kante zwischen den Parallelen liegt. Dann wird jede Gerade von je einer Prismenfläche reflektiert. Man fixiert nun mit Lineal und Bleistift die Richtungen der beiden reflektierten Strahlen (Abblendung hellen Lichts durch schwarzes Papier). Nunmehr entfernt man das Prisma, verlängert die beiden reflektierten Strahlen bis zum Schnittpunkt und mißt ihren Winkel. Der gesuchte Prismenwinkel ist dann gleich der Hälfte des gemessenen.

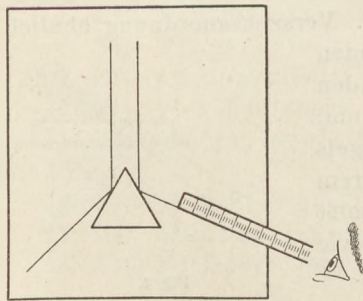


Fig. 6.

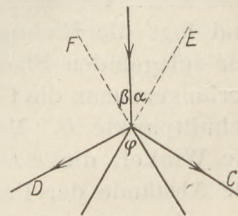


Fig. 7.

Beweis: Man denkt sich die auffallenden und die reflektierten Strahlen bis zur brechenden Kante des Prismas parallel verschoben (Fig. 7). α und β seien die Winkel,

unter denen der auffallende Strahl AB die beiden Prismenflächen trifft. Er wird dann unter denselben Winkeln reflektiert. Nun ist $\angle EBF = \alpha + \beta = \varphi$, folglich $\angle CBD = \alpha + \beta + \varphi = 2\varphi$.

Apparate: 4, 5, 7, 8, 10.

Hohlspiegelversuche.

7. Fallen achsenparallele Strahlen auf einen Hohlspiegel, so werden sie nahezu in einem Punkte vereinigt. Der Spiegel wird freihändig senkrecht gegen die Sonnenstrahlen gehalten, die reflektierten Strahlen werden auf einem kleinen Auffangschirm aus Kartonpapier aufgefangen. Entzündung von Papier im Brennpunkte. Messung der Brennweite.

Apparate: 4, 5, 7, 11.

8. Erzeugung von Bildern durch Hohlspiegel. Bei diesen Versuchen dient als Gegenstand eine Millimeterteilung, die auf einen rechteckigen Glasstreifen eingätzt ist; der Streifen wird in ein optisches Stativ eingeklemmt und durch eine brennende Kerze beleuchtet. Hohlspiegel und Auffangschirm werden durch je ein optisches Stativ gehalten. Alle Versuche stellt man ohne optische Bank an. Die Schüler suchen die Bilder der beleuchteten Glasskale auf für die bekannten Fälle, daß der Gegenstand a) außerhalb der doppelten Brennweite, b) in der Nähe des Krümmungsmittelpunktes, c) zwischen doppelter und einfacher Brennweite, d) in der Nähe des Brennpunktes, e) innerhalb der einfachen Brennweite liegt. — Brennweite und Krümmungsradius werden mit Hilfe der Gleichung

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} = \frac{1}{2r}$$

bestimmt; endlich wird der Satz bestätigt: Gegenstandsgröße steht zur Bildgröße im selben Verhältnis wie Gegenstandsweite zur Bildweite.

Apparate: 1 (dreimal), 2, 3, 4, 5, 7, 11, 12.

9. Die sphärische Abweichung bei Hohlspiegeln wird gezeigt durch Versetzen von Blenden, die jeder Schüler sich aus schwarzem Kartonpapier selbst schneiden kann. Fig. 8 zeigt eine Blende, die nur Zentralstrahlen, Fig. 9 eine solche, die nur Randstrahlen durchläßt. Das deutliche Bild einer beleuchteten Millimeterteilung wird auf einem Auffangschirm erzeugt. Unter gleichen Bedingungen liegt das deutliche Bild bei Benutzung von Zentralstrahlen weiter vom Spiegel entfernt als bei Benutzung von Randstrahlen.



Fig. 8.

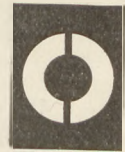


Fig. 9.

Apparate wie bei Versuch 8, außerdem ein Zirkel.

Versuche mit erhabenen Spiegeln.

10. Der Schüler stellt Größe, Art und Lage der von einer brennenden Kerze durch einen erhabenen Spiegel erzeugten Bilder fest.

Apparate: 1, 2, 3, 13.

11. Messung von Krümmungsradien sphärischer Spiegel durch Spiegelung zweier Lichter. Diese sowohl für Konvex- als auch für Konkavspiegel anwendbare bekannte Methode läßt sich ohne Fernrohrablesung in folgender Weise ausführen. Zwei brennende Stearinkerzen werden in großer Entfernung vom Spiegel so aufgestellt, daß ihre Verbindungslinie senkrecht zur Spiegelachse steht. Dicht vor den Spiegel setzt man einen Holzklötz, in dessen eine dem Spiegel zugekehrten Kante zwei Stecknadeln in vertikaler Richtung und zwar in einer Entfernung nahezu gleich dem Abstände der beiden Lichtbilder, gesteckt sind, so daß ihre Knöpfe an der Spiegelfläche liegen. Sind die beiden Knöpfe so ungünstig beleuchtet, daß sie von dem Orte der beiden brennenden Kerzen aus schwer zu erkennen sind,

so beleuchtet man sie durch eine seitlich aufgestellte Kerze. Der Beobachter, dessen Gesicht sich in der Verbindungslinie zwischen beiden Kerzen befindet und der ein Auge geschlossen hält, verschiebt nun die beiden brennenden Kerzen in seitlicher Richtung, d. h. senkrecht zur Spiegelachse, so weit, bis ihre Bilder mit den Stecknadelknöpfen zusammenfallen. Dann mißt er den Abstand L der beiden Kerzen, den Abstand l der Stecknadelknöpfe und die Entfernung a zwischen Spiegel und Verbindungslinie beider Kerzen. Es gilt dann für Krümmungshalbmesser von Hohlspiegeln die Gleichung

$$r = \frac{2al}{L+2l}$$

und für erhabene Spiegel die Gleichung

$$r = \frac{2al}{L-2l}$$

Beweis: 1. Für Hohlspiegel (Fig. 10).

Bildgröße λ und Gegenstandsgröße L verhalten sich wie Bildweite b und Gegenstandsweite a , d. h. $\lambda:L = b:a$. Nun verhält sich aber aus geometrischen Gründen $\lambda:l = (a-b):a$. Setzt man den aus dieser Gleichung für λ gefundenen Wert ein und

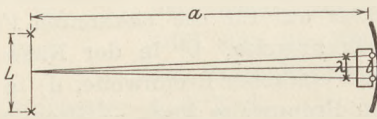


Fig. 10.

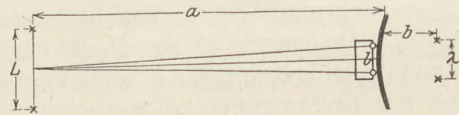


Fig. 11.

rechnet dann b aus, so erhält man $b = \frac{a \cdot l}{L+l}$. Dieser Wert wird endlich in die Hohlspiegelgleichung $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{r}$ eingesetzt und daraus r berechnet.

2. Für erhabene Spiegel (Fig. 11).

Es ist $\lambda:L = b:a$ und $\lambda:l = (a+b):a$. Folglich durch Division $l:L = b:(a+b)$, d. h. $b = \frac{a \cdot l}{L-l}$. Setzt man diesen Wert in die Spiegelgleichung $\frac{1}{b} - \frac{1}{a} = \frac{2}{r}$ ein und rechnet r aus, so ergibt sich die obige Gleichung.

Apparate: 1, 2 (3fach), 3 (4fach), 7, 11 oder 13, 14; außerdem 2 Stecknadeln.

Brechung des Lichts.

12. Strahlengang durch eine planparallele Platte (Fig. 12). Man legt eine rechteckige Spiegelglasplatte mit geschliffenen Rändern auf ein weißes Kartonblatt, so daß die breite Fläche auf dem Papier ruht, zieht mit dem Lineal einen Bleistiftstrich schief gegen die eine Begrenzungsfläche der Platte und auf der andern Seite einen zweiten Strich derart, daß er für ein beobachtendes Auge mit dem ersteren eine Gerade bildet. Zeichnet man noch die beiden Begrenzungslinien der Platte und nach Fortnahme derselben den Weg des Lichtstrahles im Glase, so erkennt man, daß der austretende Lichtstrahl gegen den einfallenden parallel verschoben ist. Aus der

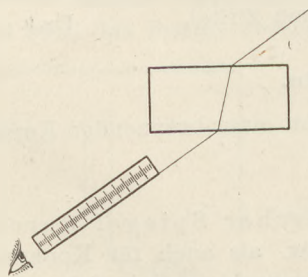


Fig. 12.

Figur wird nach der Gleichung $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ der Brechungsquotient von Luft gegen Glas berechnet, nachdem man den Einfallswinkel an einer Kante der planparallelen Platte gemessen hat.

Apparate: 4, 7, 8, 9.

13. Strahlengang durch ein Prisma (Fig. 13). Man legt das Prisma auf ein Stück Kartonpapier, umrändert seine beiden brechenden Flächen mit Bleistiftstrichen und zieht unter beliebigem Winkel eine Gerade gegen die eine dieser Flächen.

Dann dreht man ein auf der anderen Seite des Prismas liegendes Lineal so weit, bis seine Kante mit dem vorher gezeichneten Striche in eine Gerade fällt, und fixiert diese Lage durch einen Bleistiftstrich. Darauf entfernt man das Prisma, verlängert die beiden Geraden bis zum Schnitt mit den Prismenrissen und zieht endlich den Weg des Strahls im Prisma. Die Größe des Ablenkungswinkels wird festgestellt. Der Brechungsquotient des Glases wird wie bei Versuch 12 bestimmt.

Apparate: 4, 7, 8, 10.

14. Satz vom Minimum der Ablenkung. Man zeichnet auf ein Kartonblatt zwei parallele Strahlen *I* und *II* (Fig. 14) und legt auf das Blatt ein Prisma derart, daß *I* an der Rückfläche des Prismas reflektiert, *II* aber durch das Prisma gebrochen wird. Nun dreht man das Prisma, bis beide Strahlen dem beobachtenden Auge parallel erscheinen. Den reflektierten und den gebrochenen Strahl (*III* und *IV*) zieht man mit Hilfe des Lineals aus. Die reflektierende Prismenfläche hat nun gegen die Strahlen *I* und *III* nach dem Reflexionsgesetz eine symmetrische Lage; da aber die Strahlen *II* und *IV* parallel zu *I* und *III* verlaufen, so gilt dasselbe auch für sie.

Die Einstellung des Prismas in diese Lage läßt sich außerordentlich scharf bewirken, da schon bei der geringsten Drehung um die brechende Kante die Strahlen *I* und *II* dem Auge divergierend oder konvergierend erscheinen.

Um zu zeigen, daß diese symmetrische Lage des Prismas ein Minimum der Ablenkung ergibt, dreht man es aus dieser Lage um einen kleinen Winkel und zwar einmal nach der einen, das andere Mal nach der entgegengesetzten Richtung, zeichnet in beiden Fällen die austretenden Strahlen und vergleicht die Größen der Ablenkungswinkel mit dem Ablenkungswinkel in der symmetrischen Lage.

Man berechne den Brechungsquotienten des Glases aus dem Minimum der Ab-

lenkung mittels der Formel $n = \frac{\sin \frac{1}{2}(\delta + \varphi)}{\sin \frac{1}{2}\varphi}$, wenn φ den Prismenwinkel und δ den

Ablenkungswinkel bedeuten.

Apparate: 4, 7, 8, 10.

15. Messung des Brechungsquotienten eines Prismas durch streifenförmigen Eintritt des Lichts (Fig. 15). Man stellt in die Verlängerung der Prismenfläche *I* in einem Abstände von etwa 50 cm eine brennende Kerze *L* und zwischen Prisma und Kerze ein rotes oder blaues Glas *G*, so daß nahezu monochromatisches Licht auf die Prismenfläche fällt. Durch die andere Prismenfläche *II* erblickt man dann die Kerze. Man dreht das Prisma so weit, bis man das Licht der Kerze scharf abgeschnitten sieht. Nun legt man das Lineal derart auf das Kartonblatt, daß seine Kante auf die Grenze zwischen dunkel und hell zulauft und fixiert diese Richtung durch einen Bleistiftstrich. Man überzeugt sich noch, daß bei seitlicher Verschiebung des Lineals die auf die scharfe Grenze zulaufenden Visierlinien untereinander parallel sind. Endlich zeichnet man noch den Umriß des Prismas auf das Kartonblatt. Mißt man nun den Winkel α , den der

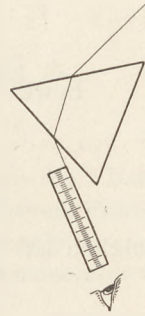


Fig. 13.

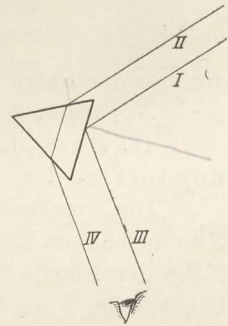


Fig. 14.

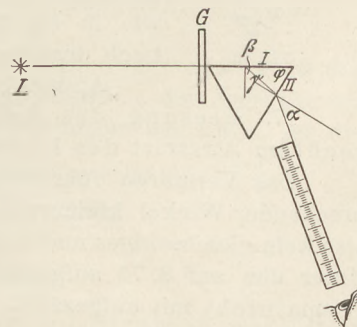


Fig. 15.

austretende Strahl mit der Normalen N der Fläche II bildet, und den brechenden Winkel φ des Prismas, so findet man den Brechungsquotienten n aus der Gleichung

$$n = \sqrt{1 + \left(\frac{\sin \alpha + \cos \varphi}{\sin \varphi} \right)^2}.$$

Beweis: Nach Fig. 15 ergibt sich

$$\sin \beta = \frac{1}{n};$$

$$\gamma = \varphi - \beta; \quad \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{1}{n} = \sin \beta;$$

folglich ist

$$\frac{\sin \gamma \cos \beta - \cos \varphi \sin \beta}{\sin \alpha} = \sin \beta$$

oder

$$\sin \varphi \cdot \cotg \beta - \cos \varphi = \sin \alpha.$$

Da nun

$$\cotg \beta = \sqrt{n^2 - 1}$$

ist, so erhält man

$$\sqrt{n^2 - 1} = \frac{\sin \alpha + \cos \varphi}{\sin \varphi},$$

woraus der obige Ausdruck sich ergibt.

Apparate: 2, 4, 7, 8, 10, 15.

16. Messung des Brechungsverhältnisses eines Prismas aus dem Winkel der totalen Reflexion (Fig. 16).

Die brechenden Kanten I und II eines Prismas werden mit Bleistift umrändert. Nun beleuchtet man die Fläche I von innen mit Hilfe der Kerze K , die in unmittelbarer Nähe der Fläche III steht. Um mit homogenem Licht zu arbeiten, wird eine farbige Glasscheibe G an die Kante III angelehnt. Das Auge blickt gegen die Fläche II und sieht das Bild der Kerze K . Bewegt man nun das Auge von der Seite der brechenden Kante nach der Seite der Kerze hin (in der Fig. 16 von rechts nach links), so findet man eine scharf begrenzte Stelle, an welcher das Bild plötzlich blaß wird, während es eben vorher infolge der Totalreflexion sehr hell war. Auf diese Grenzstellung richtet man nun die Kante des Visierlineals und legt die Richtung durch einen Bleistiftstrich fest. Die Richtung möge mit dem Flächenlote den Winkel α bilden. Er ist offenbar derselbe wie in Fig. 15 (Vers. 15), n berechnet man nach derselben Formel wie bei Vers. 15.

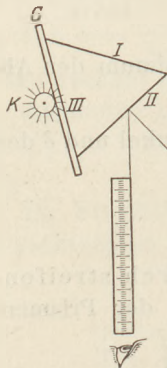


Fig. 16.

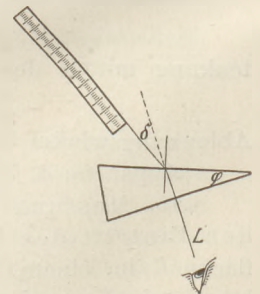


Fig. 17.

Apparate: wie in Vers. 15.

17. Messung des Brechungsverhältnisses eines Prismas bei senkrechtem Austritt des Lichtstrahls (Fig. 17).

Das Verfahren führt nur zum Ziele bei Benutzung eines Prismas, dessen brechender Winkel kleiner als der Grenzwinkel der totalen Reflexion ist. Man darf also kein gleichseitiges und auch kein rechtwinklig-gleichschenkliges Prisma benutzen. Unter den auf S. 74 aufgezählten Apparaten ist ein für diese Methode brauchbares Prisma nicht mit aufgezählt.

Man zeichnet auf das Kartonblatt eine Gerade L und stellt die brechende Fläche II des Prismas senkrecht zu L , was man daran erkennt, daß L und ihr Spiegelbild eine Gerade bilden. Dann verschiebt man an der anderen Seite des Prismas ein Lineal so lange, bis seine Kante mit L in eine Gerade zusammenfällt. Diese Richtung

und die brechenden Kanten des Prismas werden durch Bleistiftstriche fixiert. Ist der Ablenkungswinkel gleich δ und der brechende Winkel gleich φ , so ist

$$n = \frac{\sin(\delta + \varphi)}{\sin \varphi}.$$

Apparate: Ein Prisma mit kleinem brechenden Winkel, sonst wie bei 15.

Versuche mit Sammellinsen.

18. Achsenparallele Strahlen werden in einem Punkte vereinigt. Der Versuch wird mit einer Sammellinse wie der entsprechende Versuch 7 mit einem Hohlspiegel angestellt. Wärmewirkung im Brennpunkte. Messung der Brennweite.

Die Linse wird in dem Stativ freihändig senkrecht gegen die Sonnenstrahlen gehalten, ebenso der Auffangschirm.

Daß achsenparallele Sonnenstrahlen um so stärker gebrochen werden, je weiter sie vom Linsenmittelpunkt entfernt sind, läßt man mittels einer Blende aus schwarzem Kartonpapier von der in der Fig. 18 abgebildeten Form, die mit einer Anzahl geradlinig angeordneter Löcher versehen ist, zeigen. Die Blende wird über das optische Stativ gehängt, so daß sie unmittelbar vor der Linse sich befindet. Die austretenden Strahlen werden auf einem weißen Pappschirm abgebildet, den man in größerem oder kleinerem Abstand von der Linse hält.

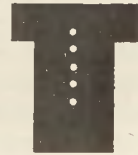


Fig. 18.

Um die Brennweite für verschiedenfarbiges Licht zu messen, hält man vor die Linse (ohne Lochblende) einmal ein rotes, das andere Mal ein blaues Glas, sucht für beide das scharfe Sonnenbild auf und mißt die Schirmabstände von der Linse. Auch hier werden Schirm und Linse freihändig gegen die Sonnenstrahlen gehalten.

Apparate: 1 (2fach), 4, 5, 7, 16, 17.

19. Erzeugung von Bildern durch Sammellinsen. Als Gegenstand dient wie bei den entsprechenden Hohlspiegelversuchen eine durch Kerzenlicht beleuchtete Glasmillimeterskala. Linse, Auffangschirm und Skala werden in je ein optisches Stativ geklemmt. Zur Abblendung fremden Lichts hängt man vor die Linse über den oberen Rand ihres Stativs eine aus schwarzem Kartonpapier selbstgefertigte Blende von der in Fig. 19 abgebildeten Form. Man verfertige sich mehrere derartige Blenden mit größeren und kleineren Öffnungen.

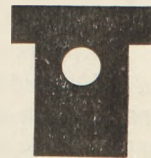


Fig. 19.

Die Bilder lasse man aufsuchen für die im Versuch 8 angegebenen Fälle. Die Brennweite der Linse wird aus der Gleichung $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ berechnet. Ferner lasse man das Verhältnis der Bild- und Gegenstandsgröße vergleichen mit dem Verhältnis von Bild- und Gegenstandsweite.

Auf der Oberstufe wird man von den Schülern die Brennweite noch nach der Besselschen Methode auffinden lassen. Bei konstantem Abstand c der beleuchteten Glasmillimeterteilung vom Auffangschirm gibt es zwei Stellungen der Linse, für die sie deutliche Bilder liefert. Ist der Abstand dieser Stellungen e , so ist $f = \frac{1}{4} \left(c - \frac{e^2}{c} \right)$.

Apparate: 1 (3fach), 2, 3, 4, 5, 7, 12, 14, 17 und ein Zirkel.

Versuche mit Zerstreungslinsen.

20. Der Verlauf von achsenparallelen (Sonnen-) Strahlen nach dem Durchgang durch eine Zerstreungslinse wird mit derselben Lochblende und in derselben Weise wie in Vers. 18 untersucht.

Apparate: 1, 4, 5, 18.

21. Messung der Brennweite einer Zerstreuungslinse.

1. Verfahren. Man fängt das kreisrunde Brechungsbild einer Konkavlinse, das von auffallenden achsenparallelen Sonnenstrahlen gebildet wird, auf einem Schirm auf und verändert den Abstand so lange, bis der Durchmesser des Schirmkreises doppelt so groß wie der Linsendurchmesser ist. Dann ist die Brennweite gleich dem Abstände der Linse vom Schirm.

2. Verfahren. Man bestimmt nach Vers. 19 die Brennweite F einer stärkeren Konkavlinse, kombiniert sie dann mit der Zerstreuungslinse, indem man jede Linse möglichst dicht am Rande in je ein optisches Stativ klemmt und beide dicht zusammenrückt, und sucht nun die Brennweite F_1 des Systems auf. Dann erhält man die Brennweite f der Konkavlinse aus der Gleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{F}.$$

Für f erhält man natürlich einen negativen Wert.

Apparate: 1 (4fach), 2, 3, 4, 5, 12, 14, 17, 18.

22. Erzeugung von Bildern durch Zerstreuungslinsen. Der Schüler betrachte die beleuchtete Glasmillimeterteilung durch eine Zerstreuungslinse und untersuche, ob das Bild aufrecht oder verkehrt, wirklich oder scheinbar, vergrößert oder verkleinert ist; endlich wie die Bildgröße sich mit dem Abstände des Gegenstandes von der Linse ändert.

Apparate: 1 (2fach), 2, 3, 12, 18.

Linsenfehler.

23. Sphärische Aberration. a) Benutzung von Sonnenstrahlen. Man befestigt eine Sammellinse von großer Brennweite in einem optischen Stativ und hängt über den Rand desselben eine Blende aus schwarzem Kartonpapier von der in Fig. 20 dargestellten Form, so daß die innere kreisförmige Blendenöffnung vor der Mitte der Linse zu liegen kommt. Der äußere Ring der Blende ist nur wenig kleiner als die Linse selbst. Hält man nun das Ganze freihändig derart, daß Sonnenstrahlen senkrecht auf die Linse fallen, so lassen sich auf einem hinter der Linse gehaltenen Auffangeschirm sowohl die Randstrahlen als auch die Zentralstrahlen in je einem Punkte vereinigen. Der Vereinigungspunkt der Randstrahlen liegt der Linse näher als derjenige der Zentralstrahlen.



Fig. 20.

Apparate: 1, 4, 5, 17 ($f = 25$ cm) und ein Zirkel.

b) Bildweiten der Randstrahlen und der Zentralstrahlen. Man erzeugt nach Vers. 19 das vergrößerte Bild einer beleuchteten Glasmillimeterteilung. Darauf hängt man vor die Linse zunächst eine Blende (Fig. 19), die nur Zentralstrahlen, dann eine Blende (Fig. 9), die nur Randstrahlen durchläßt, und verschiebt jedesmal den Schirm, bis das Bild möglichst scharf erscheint. Die Bildweite bei Zentralstrahlen wird dabei größer als diejenige bei Randstrahlen gefunden.

Apparate: 1 (3fach), 2, 3, 4, 5, 12, 14, 17 ($f = 8$ cm).

24. Astigmatismus. a) Benutzung von Sonnenstrahlen. Man läßt Sonnenstrahlen auf eine Linse fallen, deren Achse mit der Strahlenrichtung einen nicht zu kleinen Winkel bildet. Man wird nun vergeblich versuchen, auf einem Schirm die Strahlen in einem Punkte zu vereinigen, sondern es entstehen zwei aufeinander senkrechte Brennlinien, von denen die eine der Linse etwas näher liegt als die andere.

Apparate: 4, 17.

b) Benutzung von Kerzenlicht. Man stelle ein brennendes Licht weit seitlich von der Achse einer Linse auf und fange ihr Bild auf einem Schirm auf. Es erscheint unscharf und verzerrt.

Apparate: 1 (2fach), 2, 3, 4, 17.

25. Bildwölbung. Man stelle eine Sammellinse (Brennweite etwa 8 cm), die in ein optisches Stativ geklemmt worden ist, auf ein großes Kartonblatt, zeichne auf das Blatt die Linsenachse und in der Nähe der doppelten Brennweite eine zur Achse senkrechte Gerade. Auf dieser verschiebe man eine brennende Kerze und fange für mehrere Lagen ihr Bild auf einem Pappschirm auf. Die Verbindungslinien der Bildpunkte liegen nun auf einem gegen die Linse geöffneten Bogen.

Apparate: wie Vers. 24.

26. Chromatische Aberration. Man erzeugt mit einer Sammellinse von etwa 25 cm Brennweite das Bild einer beleuchteten Glasmillimeterskala, die sich ungefähr in der doppelten Brennweite befindet. Dann hält man vor die Linse zuerst ein rotes, dann ein blaues Glas, und stellt in beiden Fällen den Auffangschirm so auf, daß die Bilder scharf erscheinen. Das blaue Bild liegt näher der Linse als das rote.

Apparate: 1 (3fach), 2, 3, 4, 12, 14, 16, 17 ($f = 25$ cm).

Das Auge.

27. Das Akkomodationsvermögen, die Kurz- und Weitsichtigkeit des Auges, sowie die Wirkungsweise der Brillen.

Eine Linse von 8 cm Brennweite wird in ein optisches Stativ geklemmt, und davor wird eine Lochblende aus schwarzem Kartonpapier gehängt, die die Pupille veranschaulichen soll. Auf die eine Seite stellt man einen Auffangschirm, der die Netzhaut darstellt, auf die andere Seite eine Kerze, die so lange verschoben wird, bis die Linse ein scharfes Bild gibt. Rückt man nun das Licht näher heran, so wird das Bild unscharf. Man ersetzt jetzt die Linse durch eine solche von kleinerer Brennweite ($f = 5$ cm), und vermag nun auf dem Schirm von dem näheren Lichte wieder ein scharfes Bild zu entwerfen, das größer als das vorhergehende ist.

Es erübrigt sich, eine ausführliche Beschreibung der Versuchsanordnung für kurzsichtige und weitsichtige Augen zu geben. Im ersteren Falle wählt man den Abstand zwischen Linse und Schirm größer, im letzteren Falle kleiner als die Entfernung, die dem normalen Bildabstande entspricht. Um in beiden Fällen das scharfe Bild wieder auf dem Schirm zu erhalten, bringt man vor die Linse eine schwache Konkav- bzw. Konvexlinse. Hierzu eignen sich am besten Brillengläser.

Apparate: 1 (2fach), 2, 3, 4, 5, 17 ($f = 5$ cm, $f = 8$ cm, $f = 25$ cm oder ein Brillenglas für Weitsichtige), 18 oder ein Brillenglas für Kurzsichtige.

Optische Instrumente.

28. Es ist überflüssig, hier den Aufbau optischer Instrumente zu beschreiben. Folgende Instrumente lassen sich mit unseren einfachen Apparaten improvisieren: Lupe, Mikroskop, Skioptikon, Keplersches Fernrohr, terrestrisches Fernrohr, Galileisches Fernrohr, Newtonsches Teleskop und Herschelsches Teleskop. Die Vergrößerungszahl einiger dieser Instrumente läßt man nach bekannten Methoden bestimmen.

Apparate: 1 (4fach), 2, 3, 66, 7, 11, 12, 14, 17, 18.

Ein einfacher Drehfeldapparat.

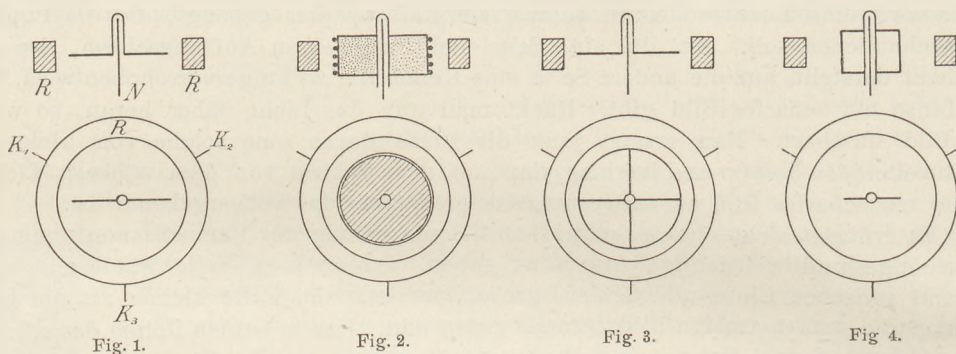
Von

F. Harbordt in Straßburg i. E.

Um die Eigenschaften eines elektromagnetischen Drehfeldes möglichst einfach zu zeigen, habe ich etwa 100 m ausgeglühten Eisendraht von 1 mm Dicke zu einem Ring R von 3 cm Höhe und 11,5 cm innerem Durchmesser (Fig. 1) gewickelt und diesen dann mit etwa 80 m besponnenem Kupferdraht von 0,5 mm Kupferdurchmesser immer

in demselben Sinn senkrecht zu den Windungen des Eisendrahts dreifach umwickelt, und zwar in drei Abteilungen, an deren Übergangsstellen Klemmschrauben K an den Draht angeschlossen wurden. Verbinde ich etwa die Klemmschraube K_1 mit dem positiven Pol von 4 Akkumulatoren, die Klemmschrauben K_2 und K_3 mit dem negativen Pol, so erhalte ich einen Strom von 7 Amp., so daß also der Widerstand, den die zwei nebeneinander geschalteten Wickelungen leisten, sich zu 1,2 Ohm ergibt. Legt man auf den Ring eine mit Feilspänen bestreute Glasplatte, so erhält man beim Erschüttern eine prachtvolle Abbildung des Kraftlinienverlaufs. Verbindet man dann die drei Klemmen mit den Leitungen eines dreiphasigen Drehstromnetzes, so kann die Rotation der Kraftlinien leicht gezeigt werden.

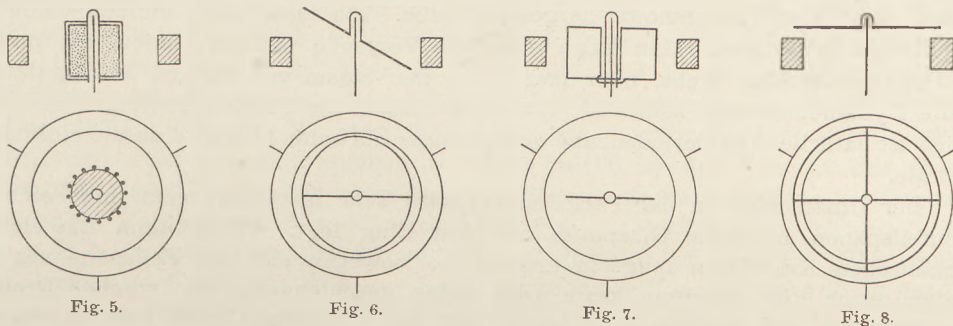
Um eine einfache Rotationsachse zu erhalten, habe ich eine Matratzennadel N mit einem Korkstopfen in einem mit Schrot gefüllten Tintengläschen befestigt. Hierauf wurde zunächst eine Magnetenadel aufgesetzt, die die Drehung des Kraftfeldes deutlich zur Anschauung bringt. Auf dieselbe Achse habe ich dann an einem Ende zugeschmolzene Glasröhrchen aufgesetzt, an denen Drähte aus Eisen oder Kupfer befestigt waren. Verwendet man Eisen, so erhält man in jedem Fall eine lebhaftere Rotation, mag das Eisen radial (Fig. 1) oder der Peripherie des Ringes entlang (Fig. 2)



angeordnet sein. Man sieht dann leicht, daß diese geheimnisvollen Kraftlinien durch einen Zylinder von Glas, Kupfer oder Zink mit Leichtigkeit hindurchdringen und auch die Rotation ungehindert fortsetzen, während ein Eisenzylinder von genügender Stärke den Innenraum gegen das Eindringen von Kraftlinien schützt, so daß jede Rotation der leicht beweglichen Eisendrähte aufhört.

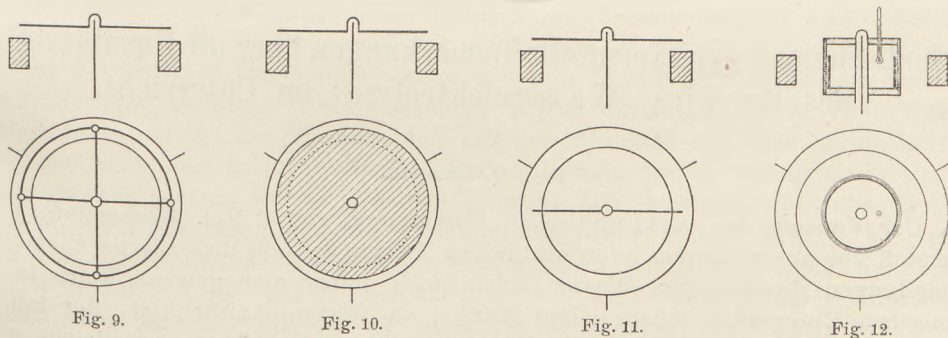
Da die elektromagnetischen Kraftlinien das Kupfer ungehindert durchdringen, kann man schon erwarten, daß Kupferdrähte, die im Innern des Ringes in radialer (Fig. 1), peripherischer (Fig. 2) oder radialer und peripherischer (Fig. 3) Anordnung leicht beweglich angebracht werden, an der Drehung des Kraftfeldes nicht teilnehmen. Verwendet man aber ein geschlossenes Drahtviereck (Fig. 4), dessen Ebene senkrecht zu der Ringebene steht, so erhält man lebhaftere Rotation. Da die Drahtenden in leitender Verbindung sein müssen, sieht man, daß es sich um induzierte elektrische Ströme handelt, und daß der elektrische Kraftfluß senkrecht zum magnetischen stattfindet, und kann die Rechte-Hand-Regel und die Linke-Hand-Regel bestätigen. Natürlich geht auch diese Wirkung durch Glas und Kupfer ungehindert hindurch, während der Eisenzylinder seine Schirmwirkung zeigt. Statt des einen Drahtvierecks kann man natürlich auch mehrere (Fig. 5) oder eine Kupfertrommel verwenden, doch ist der Versuch mit einer Drahtwindung am übersichtlichsten. Steht die Ebene der Kupferdrahtwindung nicht senkrecht zur Ringebene, sondern schräg (Fig. 6), so hat man doch den gewünschten Erfolg, weil wenigstens eine Komponente der im ersten Fall wirkenden Kraft zur Geltung kommt. Lehrreich ist es auch, wenn man statt des einfachen Drahtvierecks ein Doppelviereck in der von Ampere angegebenen

Weise verwendet (Fig. 7). Stehen die beiden Vierecke an der Kreuzungsstelle der Drähte in leitender Verbindung, so folgt das Doppelviereck der Drehung des Kraftfeldes, weil die induzierten Ströme in jeder der beiden Hälften kreisen können. Sind aber die beiden Drähte an der Kreuzungsstelle voneinander isoliert, so zeigt sich, daß die in beiden Vierecken induzierten Ströme einander entgegenfließen. Man kann es dann durch entsprechende Biegung der Drähte dahin bringen, daß diese Ströme einander aufheben; man kann aber auch erreichen, daß das Doppelviereck in dem



der Drehung des Kraftfeldes entgegengesetzten Sinne rotiert, weil die Wirkung der kreisenden Magnetpole auf die nächsten Teile der Strombahn überwiegt.

Statt der Wirkung der Kraftlinien im Innern des Ringes kann man auch leicht den Einfluß der durch den Kraftlinienquerdruck nach außen gedrängten Linien zeigen. Befestigt man an dem Glasröhrchen zwei zueinander und dem Glasröhrchen senkrechten Kupferdrähte und bringt an den vier Enden einen Drahtkreis an, so daß diese Drähte sich über dem Ring befinden (Fig. 8), so erhält man eine lebhaftere Rotation. Man sieht also, daß die magnetischen Kraftlinien von den Kupferdrähten geschnitten



werden müssen, und daß die in den Radien induzierten Ströme eine geschlossene Leitung vorfinden müssen. Sobald man diese Leitung durch Einschalten von etwas Isolierband unterbricht (Fig. 9), so hört die Wirkung auf. Wie diese Kupferdrähte, so folgt auch eine Scheibe aus Kupfer (Fig. 10) der Rotation der Kraftlinien. Eisendrähte (Fig. 11) kann man natürlich über der Ringebene in jeder Weise leicht beweglich anordnen oder an ihrer Stelle eine eiserne Scheibe (Fig. 10). Man erhält in jedem Falle eine starke Rotation, da das Eisen die Kraftlinien aufnimmt.

Hält man eine rotierende Scheibe oder Trommel aus Eisen fest, so hört man plötzlich einen kräftigen Ton. Um zu zeigen, daß die dabei stattfindende Bewegung der Moleküle mit Erwärmung verbunden ist, habe ich Ringe aus Eisenblech in einen Glaszylinder eingeschlossen und diesen beiderseits durch einen Kork verschlossen, durch den einerseits das zum Aufsetzen auf die Achse bestimmte Glasröhrchen und andererseits ein Thermotor hindurchgeht (Fig. 12). Hemmt man dann die Rotation etwa

durch einen Bindfaden oder zwei Korkstopfen, so sieht man, daß die Bewegungsenergie des Rotationskörpers in Wärme verwandelt wird.

Um den Motor in Betrieb zu setzen, habe ich zunächst den Drehstrom unserer Zentrale verwendet. Da derselbe bei 50 Perioden in der Sekunde eine Spannung von 125 Volt hat, mußte ich in jede der drei Stromleitungen einen Glühlampen- oder Nickelindraht-Widerstand von etwa 20 Ohm einschalten. Statt dessen kann ich aber auch eine Hand-Dynamomaschine mit vier Schleifringen verwenden, für die ich früher einmal einen Vier-Phasenmotor hergestellt habe. Ich lasse dann einfach einen der Schleifringe unbenutzt. Man kann dann die Versuche machen, indem ein Schüler die Dynamomaschine dreht, oder man kann den Strom von einigen Akkumulatoren in die Dynamomaschine schicken, die dann einfach als Umformer dient. In beiden Fällen ist natürlich die Periodenzahl weit geringer als beim Anschluß an die elektrische Zentrale.

Der Unterschied in der Periodenzahl wird sehr merklich, wenn man eine mit Eisenfeilspänen bestreute Glasplatte auf den Ring legt. Wenn dann die elektromagnetischen Kraftlinien langsam kreisen, so bewegen sich die Feilspäne mit und werden durch die Zentrifugalkraft nach außen geschleudert. Bei rascher Drehung aber wechseln die Impulse so schnell, daß die Feilspäne keine Zeit haben, der Bewegung zu folgen. Es bilden sich dann kleine Säulchen von Feilspänen in der Richtung der gestreuten Kraftlinien, die sich besonders über den Eintrittsstellen des Stroms in geordneten Reihen aufrichten und nur ab und zu kleine Bewegungen ausführen, während ganz kleine Eisenteilchen hin und her geschleudert werden.

Der beschriebene Apparat eignet sich besonders zur Herstellung durch Schüler, da sehr wenig Hilfsmittel und auch keine besonderen Geschicklichkeiten dazu erforderlich sind, die Arbeit aber entschieden anregend und lehrreich ist¹⁾.

Methodische und experimentelle Bemerkungen über die Unzulässigkeit des Begriffes „Wasserelektrolyse“ im Unterricht.

Von

Prof. O. Ohmann.

Der Versuch der elektrolytischen Gewinnung von 2 Vol. Wasserstoff : 1 Vol. Sauerstoff aus angesäuertem oder mit kleinen Mengen anderer dissoziierter chemischer Verbindungen durchsetztem Wasser spielt noch immer eine gewisse Rolle in den chemischen Unterrichtsbüchern. Den Mangel an Wissenschaftlichkeit, der mit der Vorführung und der Diskussion des Versuchs verknüpft ist, wird vielleicht schon mancher empfunden haben; bestimmte Äußerungen hierüber habe ich indessen nicht finden können. Seit langen Jahren kämpfe ich dagegen, diesen Versuch im Unterricht als „Elektrolyse des Wassers“ zu bezeichnen; zweitens auch dagegen, diesen an sich schönen Versuch zu früh und gerade bei der Wasseruntersuchung im Lehrgange auftreten zu lassen. Mein nur aus methodischen Erwägungen hervorgehendes Bestreben begegnete vielfach einer glatten oder nur anfangs zögernden Zustimmung, aber auch, vielleicht noch häufiger, einer gewissen Abneigung; sei es, daß man sich den Versuch wegen des schönen Volumenverhältnisses nicht für den Anfang nehmen lassen wollte, sei es, daß man die Begründung, die ich in dieser Zeitschrift nie in extenso,

¹⁾ Für diejenigen Interessenten, die keine Neigung haben, den Apparat selbst zu bauen oder durch Schüler anfertigen zu lassen, sei bemerkt, daß Mechaniker F. Mayer zu Straßburg i. E., Krämergasse 10, den Motor mit vierzehn Nebenapparaten zu M 45 liefert (ohne die etwa erforderlichen Vorschaltwiderstände).

sondern immer nur andeutungsweise gegeben hatte, nicht gelten lassen wollte, oder aber, daß man meinte, die Sache sei als unerheblich zu betrachten. Letzteres ist sie nun sicher am wenigsten. Ich glaube daher, schon lange den Lesern dieser Zeitschrift einige Erklärungen schuldig zu sein.

Am einfachsten erledigt sich der zweite Punkt, der daher vorweggenommen sei. Den Versuch schon bei der ersten Einführung zu bringen — etwa gleich nach der Luftuntersuchung, die noch immer den Anfang vieler Lehrgänge bildet —, widerspricht durchaus dem Prinzip der Einfachheit, das gerade im Anfang tunlichst zu beachten ist. Denn daß der Versuch, der zum ersten Male den elektrischen Strom als Quelle chemischer Vorgänge zu Hilfe nimmt, eine Menge neuer Erscheinungen und Fragen bringt, und daß seine Erörterung, wenn sie nicht ganz an der Oberfläche haften bleiben will, das Verständnis des Schülers vor verschiedene Schwierigkeiten stellt, wird wohl niemand leugnen wollen. Leicht ist der Versuch nur für den Experimentierenden, der nur nötig hat, den Stromkreis zu schließen. — Gegen das frühzeitige Hereinziehen des Versuchs sprechen auch Bedenken historischer Art. Ist es richtig, sofern man in irgend einem Grade der geschichtlichen Entwicklung der Chemie im Unterricht zu ihrem Recht verhelfen will, schon im Anfang des Lehrganges einen Versuch zu bringen, der erst um die Wende des 18. und 19. Jahrhunderts durch RITTER und DAVY gefunden wurde? Gewiß nicht. Aber freilich, über solche Bedenken glauben viele sich ohne weiteres hinwegsetzen zu dürfen.

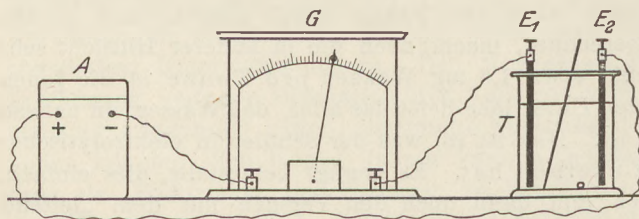
Daß es unzulässig ist, den genannten Versuch im Unterricht als „Elektrolyse des Wassers“ zu bezeichnen und dementsprechend zu verwenden, ergibt sich aus folgenden Überlegungen. Das absolut reine Wasser, um das es sich bei der Gewinnung der Formel H_2O handelt, ist bekanntlich nur in ganz minimalem Grade dissoziiert; sein Leitungswiderstand ist ein ungeheurer. E. RIECKE gibt hierzu in seiner vorzüglichen Ableitung der Dissoziation des Wassers (*Lehrb. d. Phys.* 1913, Bd. II, S. 573) ein sehr anschauliches Bild; er geht von dem KOHLRAUSCHSchen Werte für das spezifische Leitvermögen des Wassers bei 18° aus, nämlich $\kappa = 0,038 \cdot 10^{-6}$; hiernach besitzt „ein Wasserwürfel von nur 1 qmm Seitenfläche denselben Widerstand wie ein Kupferdraht von 1 qmm Querschnitt und 15 Mill. km Länge; ein Draht, der die Entfernung zwischen Erde und Mond 40mal durchspannen würde“. Für den Dissoziationsgrad des Wassers, d. h. für den Bruchteil der dissoziierten Moleküle, berechnet sich hieraus (nach Riecke) der ungemein kleine Betrag $\alpha = 14 \times 10^{-10}$ bei einer Temperatur von 18° . JAMES WALKER, der in seiner „Einführung in die Physikalische Chemie“ (übersetzt von H. v. STEINWEHR, 2. Aufl. 1914, S. 397) gleichfalls von der KOHLRAUSCHSchen Zahl (aber dem Faktor 0,036) ausgeht und daraus den Wert $0,054 \times 10^{-6}$ bei 25° berechnet, macht noch die in anderer Hinsicht sehr anschauliche Angabe, daß bei 25° etwa 1,8 mg Wasser pro Tonne in die Ionen H^+ und OH^- ionisiert sind. Für den Unterricht heißt das alles, daß Wasser ein nahezu ganz undissoziierter Körper ist. Das ist es, was der Schüler in elektrolytischer Hinsicht vom Wasser zuerst zu lernen hat. Es genügt keinesfalls, dies einfach, etwa in einer Fußnote, anzugeben und dann doch den Versuch mit dem „leitend gemachten“ Wasser vorzunehmen. Denn gerade das Negative soll er sich einprägen, und das muß ihm sogar [mehrfach ad oculos demonstriert werden; natürlich erst später, wenn das Gebiet der Elektrolyse betreten wird, im Zusammenhang mit der Ionentheorie.

Es ist hier nicht der Ort, näher auszuführen, welche Vorteile es hat, die Ionentheorie nicht auf die elektrolytischen Vorgänge aufzubauen, sondern zu dem Vorhandensein selbständiger Spaltprodukte in salzartigen Lösungen von den Erscheinungen der Siedepunktserhöhung aus zu gelangen. Gleichviel, sobald der Ionenbegriff gewonnen ist und die Reaktionen der salzartigen Körper untereinander als Ionenreaktionen erkannt sind, da gewinnt die Tatsache, daß das Wasser nahezu

nicht dissoziiert ist, ganz besondere Bedeutung. Man wird bei den Reaktionen Salz und Basis, Salz und Säure usw. mehr und mehr dem Erkenntnisziel zustreben: daß bei dem Zusammentreten zweier dissoziierter Verbindungen sich jedesmal die Verbindung von geringerer Dissoziation zu bilden sucht. Da erscheint mit einem Male der Hauptvorgang, die Neutralisation von Säure und Basis, in ganz neuem Licht. Unter den vier vorhandenen Ionen — Säurewasserstoffion, Säurerestion, Metallion, Hydroxylion — sind zwei, die einen nichtdissoziierten Körper ergeben können. Wasserstoffion und Hydroxylion stürzen aufeinander. Diese Wasserbildung, früher im chemischen Unterricht ganz bedeutungslos, wird jetzt die Hauptsache, der eigentliche chemische Vorgang. Jetzt versteht der Schüler, daß hier die obige Regel ebenso innegehalten wird wie bei einem sichtbaren Niederschlag; der Unterschied liegt nur darin, daß hier der entstehende nicht- oder wenig dissoziierte Körper, das Wasser, durchsichtig ist. Im übrigen erfolgt aber die Bildung unter denselben Merkmalen wie beim Niederschlag; wie dort, so findet auch hier ein Energieaustritt statt. Mit einem Schlage wird klar, daß diese Energiemenge im großen und ganzen dieselbe ist, von welcher gelösten Säure oder Basis wir auch ausgehen — es ist eben die Neutralisationswärme, die positive Wärmetönung des Vorganges $H^+ + OH^- = H_2O$, die pro Mol des gebildeten Wassers rund 13,7 Cal. beträgt. So wird alles klar, aber nur unter der Voraussetzung, daß vorher dem Schüler die Anschauung, daß das Wasser einen nahezu nichtdissoziierten Körper darstellt, in Fleisch und Blut übergegangen ist.

Noch ein weiteres Moment läßt sich geltend machen. Die hohe Dielektrizitätskonstante des Wassers hängt aufs engste mit dem von NERNST (1894) eingeführten Begriff der „dissoziierenden Kraft“ des Wassers zusammen. Gerade darum spaltet das Wasser die Moleküle von Elektrolyten in positiv und negativ geladene Ionen auf, weil es selbst nahezu Nichtelektrolyt ist; und der gegenseitige Ausgleich der Ladungen dieser beiden Ionenarten innerhalb der Lösung wird gerade dadurch vermieden, daß die geschlossenen Wassermoleküle als Isoliermittel wirken. Die Klarheit der Anschauungen, die so allenthalben geschaffen werden kann, wird aber dann, wenn man skrupellos den Begriff der „Wasserelektrolyse“ im Anfang verwendet, von vornherein verdunkelt.

Es handelte sich eben um den experimentellen Nachweis, daß das Wasser nahezu Nichtleiter sei; um dies recht eindringlich im Zusammenhang mit der Leitfähigkeit einer Säure- bzw. Basis- und Salzlösung zu zeigen, benutze ich folgende Versuchsanordnung: Im schmalen Glastrog *T* (s. Figur) befinden sich die beiden in-



differenten Kohlelektroden E_1 und E_2 (man kann hierzu sehr gut die wertlosen Reste von Bogenlampenkohlen verwenden); diese faßt man entweder mit geeigneten Klemmen oder feilt sie sich für andere zurecht. Die beiden Elektroden werden

mit dem Akkumulator *A* verbunden unter Einschaltung eines Demonstrations-Galvanometers *G*. Der Glastrog *T* wird zu etwa dreiviertel mit destilliertem Wasser gefüllt und noch ein in destilliertem Wasser gereinigter Glasstab hineingestellt. Beim Schließen des Stromes wird ein kleiner, sogleich zur Ruhe kommender Ausschlag beobachtet. Es wird ausdrücklich hervorgehoben, daß dieser nicht den Betrag der Leitfähigkeit absolut reinen Wassers angibt, sondern der Hauptsache nach auf unvermeidliche Verunreinigungen zurückzuführen ist (käufliches destilliertes Wasser ist nicht absolut rein, vielmehr sind stets Spuren des Glasgefäßes darin gelöst; ferner wirkt die Kohlensäure der Luft schädlich ein; schließlich bietet die Reinigung der

Elektroden durch Abspülen in destilliertem Wasser keine absolute Gewähr). — Danach bringt man ein kleines — noch gerade gut demonstrierbares — Spaltstück von Steinsalz in den Trog. Nach schwachem Rühren mit dem Glasstabe zeigt sich ein immer mehr anwachsender Ausschlag (bis zur Grenze, bei der man den Strom unterbricht). Danach werden die Elektroden herausgenommen und entweder durch neue ersetzt oder behufs Reinigung in ein größeres Gefäß (Elementenglas) mit destilliertem Wasser gebracht; der Trog wird geleert, gespült und neu gefüllt. Nach Wiedereinhängen der Elektroden und nach Stromschluß zeigt sich wieder der vorige kleine Ausschlag. Nun wird ein entsprechendes Stückchen von festem Natriumhydroxyd eingebracht und ebenso behandelt. Danach wird wiederum der status quo ante hergestellt und schließlich ein Tropfen konzentrierter Schwefelsäure (am Glasstab) eingeführt. — Die Art des genaueren Ionenzerfalls bei Kochsalz, Natriumhydroxyd und Säure kann im Anschluß hieran oder auch später in besonderen Versuchen gezeigt werden.

Wo bleibt nun der volumetrische Versuch der sog. „Wasserelektrolyse“ oder der „Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure“? Er kann im Hofmannschen Apparat im Anschluß an den letzten Versuch vorgenommen werden, um den Ionenzerfall bei dieser Säure zu verdeutlichen. Wenn man aber zeigt, daß dasselbe schöne Volumverhältnis auch bei Verwendung von Natronlauge erzielt wird (indem von zwei Mol. $NaOH$ am negativen Pol die beiden Natriumatome sich in bekannter Weise mit dem Wasser umsetzen, während die beiden Hydroxylionen im Endresultat das eine Volumen Sauerstoff ergeben), so kann der Versuch ebenso gut auch zur Verdeutlichung des Ionenzerfalls vom Natriumhydroxyd dienen. Es zeigt sich eben deutlich, daß der ganze Versuch der Gewinnung von $2H:1O$ gar kein primärer chemischer Vorgang des Wassers ist, sondern auf verschiedenerlei sekundären Vorgängen beruht. Er ist weder eine wirkliche Elektrolyse des Wassers, noch eine Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure, noch der Basis Natronlauge, sondern es ist ein indirekter Vorgang, der allgemein hervorgerufen werden kann, sobald das Wasser Verunreinigungen durch weitverbreitete dissoziierte Verbindungen bestimmter Art enthält.

Die rein wissenschaftlichen Streitfragen, ob überhaupt und unter welchen besonderen Umständen man von einer primären Zersetzung des Wassers sprechen könnte — es sei hier besonders an die Untersuchungen von JAHN, BOSE und GLASER erinnert —, haben im Unterricht nichts zu suchen. Hier handelt es sich in erster Linie um die Frage: „Ist bei den Stromgrößen, die wir im Unterricht verwenden müssen, um in kürzerer Zeit eine genügend demonstrierbare Menge der beiden Gase zu erhalten, primäre elektrolitische Zersetzung vorhanden, oder beruht die Bildung von $2H:1O$ unter diesen Umständen ausschließlich — streng müßte man ja wegen der minimalen Dissoziation immer hinzufügen „oder so gut wie ausschließlich“ — auf sekundären Vorgängen?“ Und da antwortet auch die Wissenschaft mit einem glatten „Ja“.

Mein Vorschlag geht also dahin, den Versuch der Gewinnung von $2H:1O$ im Unterricht ausdrücklich zu einem indirekten chemischen Vorgang zu stempeln; er darf nie als „Wasserelektrolyse“ schlechthin bezeichnet werden. Auch der Hofmannsche Apparat ist nicht zu bezeichnen als „Apparat zur Elektrolyse des Wassers“, sondern höchstens als Apparat zur Elektrolyse wässriger Lösungen.

Im chemischen Unterricht soll man den Vorgang überhaupt keine große Rolle spielen lassen (dem widerspricht nicht, daß man ihn praktisch öfters benutzen wird zu Messungen, oder, um das beste Knallgasgemisch zu erhalten); denn dem Schüler muß unter allen Umständen das Wasser als nahezu nichtdissoziierter Körper vor Augen stehen; nicht als ein Körper, von dem ein beliebig großes Quantum durch den Zusatz von ein paar Tropfen Säure oder dgl. wie durch ein Wunder in seiner ganzen Natur plötzlich verändert werden kann.

Vor allem muß es dabei bleiben, daß der Versuch bei der Untersuchung des Wassers nicht herangezogen werden darf. Es bietet sich hinreichend Ersatz durch andere Versuche. Wird diese Untersuchung z. B. mit Hilfe der Metalle, hauptsächlich der schweren (also nicht etwa auch des erst spät entdeckten Natriums), durchgeführt, so bewegt man sich nicht nur auf methodisch gerechtfertigtem, sondern auch auf gut historischem Grunde. Denn über das Wasser lagen bereits längere Zeit vor dem elektrolytischen Versuch RITTERS bzw. DAVYS alle Verhältnisse klar — aber nicht, wie es noch in den meisten Schullehrbüchern heißt, dank der Bemühungen LAVOISIERS (der sich vielmehr bei dieser Frage in sehr wenig vorteilhaftem Lichte gezeigt hat, vgl. die KAHLBAUMSchen Feststellungen; auch ds. Zeitschr. XXVII, S. 260 b), sondern dank der schönen und genauen Untersuchungen von CAVENDISH.

Bestimmung eines Systems chemischer Äquivalente mit Hilfe von Normallösungen.

Von

Prof. L. Klein in Heilbronn.

Die folgenden Ausführungen sind hervorgegangen aus Versuchen, für die Besprechung der Atomtheorie im Unterricht die notwendigen Grundlagen durch quantitative Versuche zu gewinnen. Dieses Bestreben führte mich weiter zu der Frage, wie weit die chemischen Gesetze sich ohne theoretische Vorstellungen gewinnen und darstellen lassen. Soweit mir bekannt ist, beschränken sich in dieser Hinsicht die meisten Lehrbücher darauf, die Gewichtsverhältnisse bei den Oxyden und Sulfiden aufzuführen und durch Umrechnung für $O = 16$ und $S = 32$ das Gesetz der konstanten Proportionen abzuleiten; weshalb man gerade diese Zahlen wählt, bleibt dem Schüler zunächst rätselhaft, und die durch das Verfahren hervorgerufenen Eindrücke sind der klaren Erfassung des meist sich anschließenden Atombegriffs auch nicht günstig. Vor allem aber ist es doch eine Frage, ob trotz der Übereinstimmung in den beiden Reihen die für die Metalle berechneten Werte nun auch die Verbindungsgewichte sind. Es ist ja nicht nur an und für sich möglich, sondern eine bekannte Tatsache, daß beim Oxyd und Sulfid desselben Metalls auf einen Teil O , bzw. S auch zwei Teile Metall kommen können. Gerade bei der häufig vorgeführten Verbindung von Kupfer und Schwefel wird man dem Schüler nicht verschweigen dürfen, daß sie nicht in die angeführte Reihe paßt, so wenig wie manche der Sulfid- bzw. Oxydmineralien.

In sehr geschickter Weise vermeidet OHMANN in seinem Leitfaden der Chemie und Mineralogie den ersten Mangel, indem er die Zahlen $O = 16$ und $S = 32$ als Gasdichten dieser Stoffe einführt. Daß man nur die eine Zahl im Unterricht experimentell bestätigen kann, ist meines Erachtens hier ohne Bedeutung; das Wesentliche ist, daß so der Zusammenhang der beiden Reihen hergestellt ist. Allerdings ist dabei zu bedenken, daß der Schüler erst auf Grund der später besprochenen Molekulartheorie das Verfahren wirklich verstehen kann. Dasselbe gilt auch für die Ableitung der Formel des Wassers aus den Versuchen über die quantitative und volumetrische Zusammensetzung desselben.

Ich glaube, nun in einer planmäßigen Anwendung von Normallösungen den leitenden Gedanken gefunden zu haben, um die wichtigsten chemischen Gesetze auf Grund eines einheitlichen Systems beliebig vieler chemischer Äquivalente induktiv im Unterricht feststellen zu können; zugleich läßt sich auf der hiermit gewonnenen Grundlage die Atom- und Molekulartheorie in einfachster Weise aufbauen. Da es

sich um lauter bekannte, meist sehr einfache Versuche handelt, so ist über diese nichts Besonderes zu bemerken. Die angeführten Beispiele sind keine Messungen, sondern nur für die Darstellung gewählte einfache Zahlenangaben. Oft sind statt dieser der Kürze wegen die Äquivalente angegeben. Doch sei angefügt, daß die Messungen selbst sehr befriedigende Resultate ergaben, die Verwendung von reinem Material vorausgesetzt; im übrigen aber sei in dieser Hinsicht auf die zahlreichen Arbeiten über quantitative Versuche hingewiesen, welche in dieser Zeitschrift veröffentlicht wurden.

In 1 l Normalnatronlauge¹⁾ sind bekanntlich 40 g $NaOH$ aufgelöst; diese Zahl ist für den Schüler als eine willkürliche zu bezeichnen und könnte durch eine beliebige andere ersetzt werden. Von dieser aus gewinnt man die Normalsäuren nach der Definition: je 1 ccm Normallauge muß durch 1 ccm Normalsäure neutralisiert werden. Die neutrale Lösung wird eingedampft und das Gewicht bestimmt; man findet, daß aus 40 g $NaOH$ sich 58,5 g $NaCl$, 71 g Na_2SO_4 , 85 g $NaNO_3$ bilden. Diese Gewichtszahlen sowie im folgenden alle anderen auf 1 l Normallauge, Normalsäure (oder auf die daraus herstellbaren Mengen irgend eines anderen Stoffes) umgerechneten Gewichte mögen die chemischen Reaktionsäquivalente²⁾ heißen. Von den Normalsäuren aus lassen sich andere Normallaugen wie KOH , NH_4OH herstellen; löst man 5,6 g KOH in Wasser auf, so wird diese Lösung durch 100 ccm Normalsäure neutralisiert; je nach der angewendeten Säure erhält man dabei aus je 56 g KOH 74,5 g KCl , 87 g K_2SO_4 , 101 g KNO_3 .

Es handelt sich nun darum, in einer dieser Verbindungen den Gewichtsanteil von K oder Na festzustellen. Dies erreicht man dadurch, daß man aus 0,46 g Na Natronlauge herstellt; zu deren Neutralisation sind 20 ccm Normalsäure notwendig, d. h., sie enthält 0,8 $NaOH$. Um 1 l Normallauge zu erhalten, sind 23 g Natrium oder 39 g Kalium zu verwenden. Eine zweite Möglichkeit bietet die Bestimmung des Chlorgehalts in den Chloriden mit Hilfe von Silber: Löst man 1,08 g Silber in Salpetersäure auf, so erhält man 1,7 g salpetersaures Silber; damit läßt sich aus 10 ccm einer Normallösung von KCl alles Silber als $AgCl$ ausfällen. Es ergibt sich daraus das Reaktionsäquivalent des Silbers zu 108, des salpetersauren Silbers zu 170 des Salpetersäurerests zu 62 g. Das ausgefällte Chlorsilber wiegt 1,43 g, darin sind 1,08 Ag , also 0,35 Cl . In 1 l Normalchloridlösung sind also 35 g Cl enthalten, damit erhält man wieder die Werte für K und Na , sowie für den Schwefelsäurerest 48 und für die Laugen(Hydroxyl)gruppe 17 g.

Ist der Schüler schon bei der Besprechung charakteristischer Reaktionen darauf hingewiesen worden, daß ein Salz aus zwei unabhängig reagierenden Teilen — dem Metall und dem Säurerest — besteht, so bestätigen die gewonnenen Zahlen diese Anschauung auch hinsichtlich der Gewichte: Die Bestandteile eines Salzes vereinigen sich in charakteristischen konstanten Gewichtsmengen (Gesetz der konstanten Proportionen). Wie die Beispiele mit den Normallösungen besonders deutlich zeigen, ist dieses Gesetz nur eine andere Form dafür, daß auch in der Chemie der Satz gilt: Sind zwei Größen einer dritten gleich, so sind sie untereinander gleich. In ähnlicher Weise lassen sich die Reaktionsäquivalente anderer Stoffe feststellen. Läßt man trockenes Ammoniakgas von einer abgewogenen Wassermenge absorbieren, so ergibt die Neutralisation mit Normalsalzsäure das Reaktionsäquivalent des Salmiaks, des

¹⁾ Man kann natürlich ebensogut von irgendeinem anderen Stoff ausgehen.

²⁾ Ich habe diese Bezeichnung gewählt, um einer Verwechslung mit den bekannten, auf theoretischer Grundlage beruhenden Äquivalentgewichten vorzubeugen. In vielen, aber lange nicht in allen Fällen stimmen die Zahlenwerte der beiden Größen überein. Um den Unterschied noch klarer hervortreten zu lassen, ist es vielleicht empfehlenswert, statt von 40 g $NaOH$ von 20 g oder einer ganz beliebigen Menge $NaOH$ auszugehen.

Salmiakgeistes, des Ammoniaks und des Ammoniumradikals. Fällt man aus einer Baryumlösung mit 20 ccm Normalschwefelsäure $BaSO_4$ aus, so ist das 50fache Gewicht dessen Reaktionsäquivalent, womit auch das des Baryums bekannt ist. Bei vielen Metallen führt die Auflösung in Säuren von bekanntem Gehalt zum Ziel: Entweder nimmt man das Metall im Überschuß und wiegt den nichtaufgelösten Rest, oder einfacher, man bestimmt den Säureüberschuß durch Titration. Löst man dagegen statt eines Metalls dessen Oxyd oder Sulfid in Säure auf, so erhält man das Reaktionsäquivalent von Sauerstoff und Schwefel. So lösen sich in 10 ccm Normalsäure 0,2 g MgO auf; das Reaktionsäquivalent des Oxyds ist also 20, das des Sauerstoffs 8. Dieselbe Zahl erhält man auch durch direkte Vereinigung von Metall mit Sauerstoff. Auf die anfangs erwähnten Reihen für die Oxyde und Sulfide wird man füglich verzichten können. Wenn auch die genannten Schwierigkeiten sich nunmehr leichter beseitigen lassen, so könnten die Reihen doch nichts Neues lehren; nur soweit die Gewichtszahlen Abweichungen darstellen, werden sie unser Interesse wachrufen (vgl. unten bei 1).

Die von mir eingeschlagene Methode ist, glaube ich, im vorausgehenden genügend gekennzeichnet; doch soll noch an zwei Beispielen ihre Verwendbarkeit für die Aufstellung der Formeln gezeigt werden; besonders aber muß auf die Volumenverhältnisse noch eingegangen werden. Entwickelt man Sauerstoff aus Kaliumchlorat, so läßt sich sämtlicher Sauerstoff austreiben und das übrigbleibende Chlorkalium wägen; umgerechnet auf dessen Reaktionsäquivalent 74,5, erhält man einen Sauerstoffgehalt von 48 g. Mit dem aus den Oxyden gewonnenen Sauerstoffäquivalent 8 würde die Formel $KClO_6$ heißen. Als zweites Beispiel sei die Analyse des Kalkspats angeführt: In 1 l Normalsalzsäure lösen sich 50 g Kalkspat auf, die aufgefangene Kohlensäure mißt 11,2 l. Glüht man Kalkspat, so geben 50 g 28 g gebrannten Kalk, der beim Löschen 9 g Wasser aufnimmt. Das Reaktionsäquivalent der Kohlensäure ist demnach 22, das des Wassers 9 g; da sich das Äquivalent des Ca zu 20 bestimmen läßt, so muß der gebrannte Kalk CaO sein, und der Schüler versteht die Formel $CaCO_3$. Entwickelt man aus einer Säure Wasserstoff, so gibt 1 l Normalsäure 11,2 l H mit einem Gewicht von 1 g. Dieselbe Äquivalentzahl für Wasserstoff erhält man auch, wenn man trockenen Chlorwasserstoff von einer gewogenen Wassermenge absorbieren läßt und dann mit Normallauge titriert. 11,2 l Wasserstoff werden aber auch von 23 g Na , 20 g Ca , 12 g Mg , 32,5 g Zn , 9 g Al entwickelt. Es liegt nun nahe, den damit gewonnenen Satz, daß gleiche Volumina von Wasserstoff und Kohlensäure äquivalent sind, zu prüfen, wie weit er sich auf andere Gase ausdehnen läßt. Man könnte feststellen, daß er z. B. für Chlor, schwefelige Säure, Wasserdampf ebenfalls gilt — ein Unterschied zwischen einfachen und zusammengesetzten Gasen besteht nicht —, daß aber u. a. Chlorwasserstoff und Sauerstoff eine Ausnahme machen. Sind gleiche Gasvolumen chemisch äquivalent, so müssen ihre Dichten sich wie die Äquivalentzahlen verhalten. Dies stimmt für H und CO_2 ; aber die Dichte von Sauerstoff ist 16, während sein Reaktionsäquivalent bei den Oxyden zu 8 bestimmt wird. Eine entsprechende Ausnahme macht das Äquivalentvolumen des O : aus dem Äquivalent des Quecksilberoxyds werden nur 5,6 l O entwickelt. Da nun 5,6 l O dieselbe chemisch bindende Kraft haben wie 11,2 l H , so nennt man den Sauerstoff zweiwertig. Ein dreiwertiges Gas würde man daran erkennen, daß nur 3,7 l aus äquivalenten Mengen abgeschieden werden; als Beispiel ist der Stickstoff anzuführen.

Zum Abschluß muß noch auf einige besondere Punkte hingewiesen werden.

1. Schmilzt man Kupfer und Schwefel zusammen, so erhält man, auf das etwa aus dem Oxyd abgeleitete Reaktionsäquivalent des Kupfers (31,6) umgerechnet, für Schwefel die Zahl 8. Das aus einer Kupfersulfatlösung ausgefällte Schwefelkupfer würde dagegen die auch aus anderen Sulfiden erhaltene Menge 16 ergeben. Das Reaktionsäquivalent braucht also nicht immer gleichgroß zu sein; auch einfache

Vielfache sind möglich (Gesetz der multiplen Proportionen). Doch kann erst eine genaue Prüfung ergeben, ob dies, wie hier, die richtige Erklärung ist (vgl. bei 2 u. 3).

2. Während Metall und Säure Wasserstoff entwickeln, tritt dies bei Oxyd und Säure nicht ein, weil sich der Sauerstoff mit dem Wasserstoff zu Wasser verbindet, und zwar geschieht dies, wie aus den früheren Bestimmungen hervorgeht, im Gewichtsverhältnis 8 : 1. Das Reaktionsäquivalent des Wassers ergibt sich daraus wie schon früher zu 9 g.

3. Bei der Neutralisation von Säure und Lauge ist in der Lösung stets nur ein Stoff, das entsprechende Salz, vorhanden. Es muß sich also jedesmal die Hydroxylgruppe der Lauge (17 g) mit dem Säurewasserstoff (1 g) zu Wasser vereinigen; es tritt auch bei jeder Neutralisation, wie sich leicht nachweisen läßt, dieselbe Wärmemenge auf. Das Reaktionsäquivalent des Wassers ergibt sich hieraus (im Gegensatz zu 2.) als 18 g. Das Reaktionsäquivalent eines Stoffes kann demnach, je nach der Art der Reaktion, ein verschiedenes sein (aber nur einfache Vielfache treten auf).

4. Bei der Bestimmung des Reaktionsäquivalents ist es ohne Bedeutung, ob die reagierenden Stoffe elementarer Natur sind oder nicht. Andererseits wird der Schüler gerade bei dieser Betrachtungsweise leicht verstehen können, wie man die elementare Natur eines Stoffes erkennt; unter allen Stoffen, welche Natriumreaktionen zeigen, wird der mit dem kleinsten Reaktionsäquivalent das Element *Na* darstellen.

5. Die hier besprochene Methode erlaubt auch von kompliziert zusammengesetzten Stoffen das Reaktionsäquivalent zu bestimmen. Mit den weiter unten abgeleiteten oder einer Tabelle entnommenen Atomzahlen kann sodann die Formel der betreffenden Stoffe auf Grund der im Unterricht gemachten Messungen wenigstens bestätigt werden. So findet man das Molekulargewicht der Schwefelsäure H_2SO_4 zu 2.49 g.

6. Die bei der Elektrolyse der Salzlösungen gefundenen Gewichtsmengen sind dieselben wie die hier auf chemischem Wege festgestellten. Durch denselben Strom werden in derselben Zeit 108 g *Ag*, 31,5 *Cu*, 1 g *H* usf. abgeschieden. Es erleichtert, glaube ich, das Verständnis für die elektrolytischen Vorgänge nicht unwesentlich, wenn man diese Größen nicht erst theoretisch ableiten muß. Treten bei der Elektrolyse Gase auf, so kommen ebenfalls auf je 11 *H* 11 *Cl*, dagegen $\frac{1}{2}$ l *O* $\frac{1}{3}$ l *N*. Diese Volumina haben mit der Zusammensetzung der zersetzten Stoffe nichts zu tun (wenn man die Molekulartheorie außer Betracht läßt), wie denn auch gleichviel Wasserstoff aus Salzsäure und Schwefelsäure entwickelt wird; dagegen ersieht man aus denselben die Wertigkeit des betreffenden Gases (vgl. S. 92).

Durch die seitherigen Darlegungen glaube ich gezeigt zu haben, daß es möglich ist, von einem Stoff, der Normalnatronlauge ausgehend, die wichtigsten chemischen Gesetze bis zu dem Begriff der Wertigkeit auf einheitlichem, induktivem Wege zu gewinnen. Allerdings ist die Form der dabei zutage tretenden Gesetzmäßigkeit noch keine ganz befriedigende (vgl. die verschiedenen Reaktionsäquivalente für Wasser). Hier setzen nun die theoretischen Betrachtungen ein; diese erst führen zu einer vollständigen und einheitlichen Gesetzmäßigkeit. Die theoretischen Vorstellungen knüpfen bekanntlich vor allem an das gleichartige Verhalten der Gase an, das man sich durch die Annahme erklärt, daß im gleichen Volumen verschiedener Gase gleichviele kleinste Teilchen, Molekeln, enthalten sind; diese selbst bestehen wieder aus gleichen oder verschiedenen Atomen; dementsprechend führt man Molekular- und Atomgewichte ein. Die Molekulargewichte der Gase müssen sich also verhalten wie die Gasdichten. Da ferner zwei Raumteile Wasserstoff sich mit einem Raumteil Sauerstoff zu Wasser, oder drei Teile Wasserstoff mit einem Teil Stickstoff zu Ammoniak verbinden, so lautet die Formel des Wassers H_2O , die des Ammoniaks NH_3 . Man schreibt mit anderen Worten Molekularformeln (nicht Äquivalentformeln, vgl. S. 92); in diesen drückt sich die Wertigkeit der Stoffe sofort sichtbar aus. Da aus H_2O das Atomgewicht des Sauerstoffs sich

zu 16 ergibt, so erhält man überall, wo Sauerstoff in einer Verbindung mit dem Reaktionsäquivalent 8 auftritt, durch Verdoppelung das Molekulargewicht derselben; so für Kalkspat 100, Kohlensäure 44 g (vgl. S. 92), für Wasserstoff 2 g. Das Molekulargewichtsvolumen, das sich für alle Gase als gleichgroß erweist, beträgt demnach 22,4 l. Für Magnesiumoxyd erhält man als Molekulargewicht 40 g. Wie man aber seine Formel zu schreiben hat, d. h. wie groß das Atomgewicht von Magnesium ist, darüber kann, wenn man keine dampfförmige Verbindung kennt, endgültig nur auf anderem Wege entschieden werden. Als einfachster Weg dürfte sich wohl die Anwendung des Gesetzes von Petit und Dulong erweisen. Gibt das Produkt aus Reaktionsäquivalent und spezifischer Wärme eines Metalles die Zahl 6,4, so ist das Metall einwertig, die Formel des Oxyds also M_2O . Kommt aber als Produkt 3,2 heraus, so ist das Metall zweiwertig, die Formel lautet MO , und das Atomgewicht ist das Doppelte des Reaktionsäquivalents.

Damit ist nun auch das Ziel, den Schüler in die Atom- und Molekulartheorie einzuführen, vollständig und ohne größere Schwierigkeiten erreicht.

Heilbronn, Gymnasium.

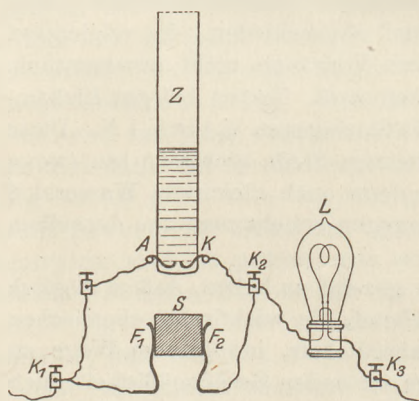
Kleine Mitteilungen.

Ein Versuch zur Ionentheorie.

Von Dr. F. Scriba in Darmstadt.

Wenn die Behandlung der Ionentheorie, wie es wohl meistens geschieht, an die der Elektrolyse angeknüpft wird, so läßt sich durch nachfolgenden Versuch die Notwendigkeit einer Theorie der Lösungen anschaulich dartun.

Auf einem Holzgestell befindet sich oben als Zersetzungszelle eine unten geschlossene Glasröhre Z von 20 cm Länge und $2\frac{1}{2}$ cm Weite, in die unten zwei Platindrähte A und K als Elektroden eingeschmolzen sind.



Die Zelle wird zur Hälfte mit destilliertem Wasser gefüllt. Darunter ist zwischen zwei Messingfedern F_1 und F_2 ein trockenes, nötigenfalls vorher mit absolutem Alkohol abgewaschenes Stück Steinsalz S eingeklemmt. Wie die Figur zeigt, sind die Zelle und das Steinsalzstück zwischen den Klemmen K_1 und K_2 parallel geschaltet. Weiter ist eine Glühlampe L zwischen den Klemmen K_2 und K_3 , also hinter die beiden parallelen Leitungen eingeschaltet. Bei K_1 und K_3 wird die Starkstromleitung (Gleichstrom von 110 Volt) angeschlossen. Bei Anwendung einer kleinen Osramlampe ließe sich auch Akkumulatorenstrom verwenden.

Da sowohl das reine Wasser als auch das Steinsalz den Strom nicht leiten, wird keine Elektrolyse und kein Erglühen der Lampe eintreten. Die etwa 1 cm weite Glasröhre R ist durch einen lose auf Z passenden Kork gesteckt und hat unten eine ganz enge Öffnung U , etwa 3 cm vom unteren Ende entfernt eine weite seitliche M . Man setzt jetzt diese Glasröhre in die Zelle Z ein, so daß sie in das Wasser eintaucht, und wirft dann bei O ein ganz kleines Stück Steinsalz ein¹⁾. Durch die Öffnung U sinkt sofort Salzlösung nieder, während durch M Wasser nachströmt. Sofort bemerkt man an den Elektroden lebhaft Gasentwicklung, und alsbald

¹⁾ *Anm. des Herausgebers.* Hinsichtlich der Verwendung von Steinsalz sei bemerkt, daß diese auch von O. OHMANN (vgl. dieses Heft, S. 86) empfohlen wird; die letztere Mitteilung hat dem Herausgeber bereits längere Zeit vor der obigen vorgelegen.

beginnt auch die Glühlampe zu leuchten, zuerst schwach und rot, bald aber tritt Gelbglut ein. Man sieht, wie durch allmähliche Auflösung des Nichtleiters $NaCl$ das nichtleitende Wasser immer besser den Strom leitet, bis nach einiger Zeit die Leuchtkraft der Lampe konstant wird. Weißglut des Kohlefadens wird wegen des großen Flüssigkeitwiderstands nicht erreicht. Auch ein weiteres Zuführen von $NaCl$ durch die Öffnung O hat keine Wirkung. Durch Vereinigung zweier Nichtleiter kann aber nur ein Leiter entstehen, wenn einer der beiden Stoffe eine Veränderung erfahren hat: Ionisierung des Salzes durch das Wasser usw.

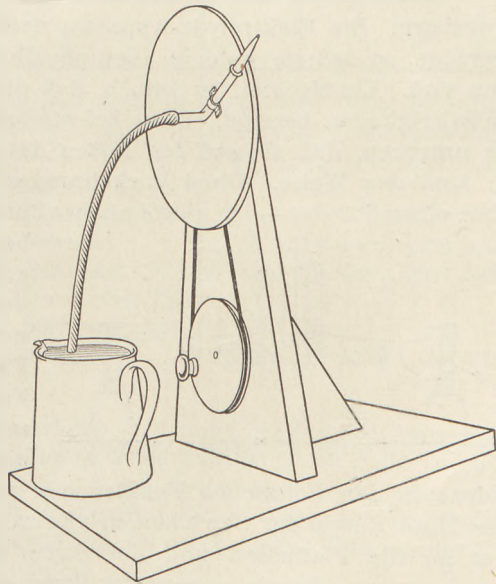
Daß nicht jeder in Wasser lösliche Stoff dieses leitend macht, zeigt ein Gegenversuch, bei dem man das Steinsalz durch ein Stück Kandiszucker ersetzt, während bei O ein Stückchen Zucker in die Röhre R gebracht wird. Es tritt weder Gasentwicklung noch Leuchten der Lampe ein, also wird der Zucker nicht verändert (ionisiert). Es ist selbstverständlich, daß nach jedem Versuch die Zelle auf das sorgfältigste mit destilliertem Wasser zu reinigen ist. Auch muß man sich vor dem Versuch überzeugen, daß die Glühlampe richtig eingeschaltet ist, was durch Berühren der Polklemme K_2 mit dem Leitungsdraht geschieht, während bei K_3 schon angeschlossen ist.

Der Apparat ist durch die Firma Ehrhard & Metzger in Darmstadt ausgeführt und kostet etwa M 15.

Eine selbst hergestellte Zentrifugalpumpe.

Von Dr. Max Oettli, Landerziehungsheim Glarisegg (Schweiz).

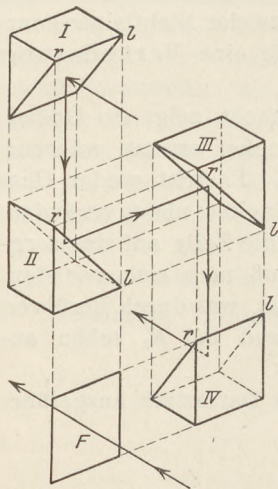
Wo man über irgendein schnellaufendes Rad mit einer freien Nabe und horizontaler Achse verfügt, da kann leicht gezeigt werden, wie die Zentrifugalkraft die Herstellung einer ventillosen Pumpe ermöglicht. Dazu biegt man sich ein etwa zentimeterdickes Glas- oder Messingrohr in einen rechten Winkel. Dessen längerer Schenkel soll etwa die Länge einer Radspeiche erreichen, den kürzeren macht man 4 cm lang. Das Ganze befestigt man so auf dem Rade, daß der kürzere Schenkel die Fortsetzung der Radachse bildet. Dann stülpt man einen stark eingefetteten, dicht, aber leicht anliegenden Schlauch über dieses kürzere Ende (siehe Figur) und füllt Schlauch und Rohr mit Wasser. Wird nun das Rad in rasche Umdrehung versetzt, so muß mit der andern Hand der Schlauch so gehalten werden, daß sich das Glasrohr darin dreht wie eine Achse im Lager. Zu Beginn der Drehung besorgt ein Gehilfe den Ersatz des ausgespritzten Wassers dadurch, daß er den Schlauch ein über der Achse befindliches Gefäß aushebern läßt. Mit zunehmender Drehgeschwindigkeit senkt er dann dasselbe soweit als möglich unter die Radachse. Die gründliche Verspritzung der ganzen Umgebung — der Versuch kann in dieser Form also nur im Freien oder in einer Waschküche ausgeführt werden — zeigt recht eindrucksvoll, daß dieser einfache Zentrifugalapparat Wasser aus dem Vorratsgefäß mindestens bis zur Radachse zu heben vermag.



Zum Sehen mit beiden Augen.

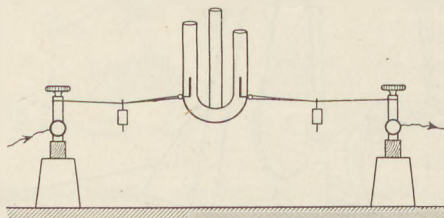
Von A. Witting in Dresden.

In einem früheren Bande dieser Zeitschrift habe ich ein sehr einfaches Hilfsmittel für manche optischen Versuche angegeben, das unter dem Namen Spiegelwürfel¹⁾ auch in den Handel gekommen ist. Die 4 Spiegel, die bequem unter 45° zu stellen sind, gestatten es leicht, die Frage experimentell zu beantworten, wie unser Gesichtsfeld beschaffen wäre, wenn unsere Augen nicht neben-, sondern übereinander ständen. Man befestigt die Prismen, an deren Hypotenusenflächen die Spiegel angebracht sind, in einem Holz- oder Pappkasten, wie beistehende Figur zeigt. Vor dem obersten Spiegel ist ein Fenster, durch das die Lichtstrahlen einfallen; hinter das untere Fenster F stellt man zur Abschwächung passend etwa 5 unbelegte Spiegelglasplatten. Die durch F gehenden und die vom Spiegel IV reflektierten Strahlen gelangen durch zwei Fenster der Rückwand in die beiden Augen. Die Maße ergeben sich daraus von selbst; die Buchstaben r und l (rechts und links) brauchen wohl nicht näher erklärt zu werden. Benutzt man in geeignetem Kasten nur die Spiegel I und II (für beide Augen zusammen), so wird dadurch eine Drehung um 90° erreicht, usw.



Für die Praxis.

Stromanschluß beim Hofmannschen Apparat für Elektrolyse. Von Prof. Gg. Heinrich in Augsburg. Die Elektrolyse-Apparate nach Hofmann haben vor anderen mancherlei Vorzüge, so daß sie wohl in allen physikalischen und chemischen Sammlungen zu finden sind. Ein Nachteil ist jedoch, daß die Stromzuführung zu den kleinen Platinösen Schwierigkeiten bereitet. Diese Schwierigkeiten suchen manche Fabrikanten dadurch zu umgehen, daß sie auf den Füßen des Ständers Klemmschrauben anbringen, oder in ähnlicher Weise. Diese Vorkehrungen verteuern aber den Apparat, während er ohne einen Ständer — ein gewöhnlicher Bunsenständer tut's ja auch — von der Glashütte bezogen, recht billig kommt. Eine wirklich gute Stromzuführung zu den Ösen läßt sich nun leicht folgendermaßen erreichen: Man stellt zu beiden Seiten des Apparats (s. die Figur) in 10 bis 20 cm Entfernung Holtzsche Fuß- oder sonstige Klemmen auf. Dann zieht man eine Schleife aus Lametta durch die Ösen und klemmt die beiden Enden des Lamettasfadens in den Holtzschen Fußklemmen fest. Beschwert man die Lamettaschleife in der Mitte durch ein Gewichtchen von 20 bis 50 g, so legt sich der biegsame Faden fest an die Platinösen und der Strom ist ohne merklichen Übergangswiderstand angeschlossen. Entnimmt man den Strom einer Starkstromleitung, so dient der Lamettafaden zugleich als Sicherung. Bei zu starkem Strom brennt die Schleife an der Öse durch und das Gewicht reißt den sich bildenden Lichtbogen rasch ab.



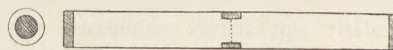
1) Zu beziehen in beliebiger Größe von Koch & Sterzel, Dresden-A., Zwickauer Str. 42.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einfache Explosionsversuche mit brennbaren Flüssigkeiten. Von O. BINDER¹⁾. Sehr lehrreich sind Explosionsversuche, bei welchen Gase oder Dämpfe in bestimmtem Verhältnis mit Luft gemischt werden und so das Verhalten verschieden zusammengesetzter Mischungen beim Explodieren gezeigt wird. Bei Gemischen, welche gerade die zur Verbrennung nötige Luftmenge enthalten, entsteht beim Entzünden eine genau zur Achse des Gefäßes senkrechte blaue Verbrennungszone, welche die ganze Länge des Gefäßes durchläuft. Man kann die Versuche mit Gasen und brennbaren Flüssigkeiten anstellen. Bei Gasen läßt man im Zylinder, in welchem man die Explosion vornehmen will, so viel Wasser, als dem brennbaren Gasvolumen entspricht, und verdrängt dann ersteres durch das Gas. Brennbare Flüssigkeiten mißt man in geeichten kapillaren Pipetten ab und läßt den Inhalt in den Zylinder laufen. Am besten eignet sich Benzin, da dasselbe schnell verdampft; doch habe ich auch Versuche mit Alkohol, Äther, Benzol und Schwefelkohlenstoff gemacht. Je höher der Siedepunkt der brennbaren Flüssigkeit ist, desto länger dauert es, bis sich dieselbe in Dampf verwandelt hat, und je schwerer die Dämpfe sind, desto schwerer mischen sich dieselben mit der Luft; es ist daher nötig, in den natürlich mit einer aufgeschliffenen Glasplatte verschlossenen Zylinder einen kleinen Kork zu werfen und dann umzuschütteln, um eine vollkommene Mischung zu erzielen. — Am schönsten ist folgender Versuch: Man bringt in zwei durch einen durchbohrten Kork verbundene, auf beiden Seiten offene Glaszylinder in den durchbohrten Kork als Scheidewand ein Drahtnetz an. Nun gibt man in jeden Zylinder die theoretische Menge Benzin (s. unt. die Tab.), verschließt und schüttelt gut durch. Nun legt man den Apparat wagerecht, lüftet den einen Kork und entzündet das Gemisch; die Flamme läuft bis zum Drahtnetz und erlischt; öffnet man die andere Seite und entzündet, so geht die Flamme ebenfalls bis zum Draht-

netz. Durch diesen Versuch ist bewiesen daß sich die Explosion eines Gasgemisches nicht durch ein Drahtnetz fortpflanzt, denn in beiden Räumen waren explosive Mischungen vorhanden. Der Apparat ist horizontal zu legen, damit nach der ersten Explosion,



wenn die Zylinder stehen würden, nicht etwa Verbrennungsgase in den unteren Zylinder gelangen und so den Versuch stören können. Der Versuch zeigt zugleich die Wirkung der Sicherheitslampen gegen Schlagwetter; natürlich darf das Drahtnetz nicht zu weitmaschig sein. Eine Explosion mit Detonation findet in dem offenen Zylinder nicht statt, sondern nur eine rasche Verbrennung. Durch Veränderung der Mischungsverhältnisse kann man die veränderten Explosionserscheinungen zeigen (s. die Tab.). Auch mache man auf-

	Gramm in 1 Liter				
	Alkohol	Äther	Benzol	Benzin	Schwefelkohlenstoff
Brennt nicht bis	0,097	0,057	0,055	0,054	0,089
von . . .	0,097	0,057	0,055	0,054	0,089
bis . . .	0,552	0,362	0,188	0,180	0,154
Maximum der Explosion:					
Versuch	0,155	0,116	0,121	0,073	0,343
Berechnet . . .	0,144	0,116	0,097	0,087	0,237
Brennt ohne Zufuhr von Luft					
nicht	0,552	0,362	0,188	0,180	0,154

merksam, daß hinter der sich fortbewegenden Flamme keine atembare Luft mehr ist, und daß also bei Grubenexplosionen meist mehr Menschen durch Erstickung den Tod finden, als durch die mechanische Wirkung der Explosion.

O. B.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Röntgenstrahlen. Treffen Röntgenstrahlen auf eine Kristallfläche, so werden sie für be-

stimmte Werte des Einfallswinkels besonders stark „reflektiert“, eigentlich an dem Kristallgitter abgebeugt. Dabei bestimmt sich die Wellenlänge λ der in einer bestimmten Rich-

¹⁾ Zeitschr. „Öl u. Gasmaschine“
U. XXVIII.

tung abgebeugten Strahlen aus der Formel $n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin \alpha$, wo n eine ganze Zahl, d der Abstand zweier aufeinanderfolgender Molekülschichten (Netzebenen), α der Winkel zwischen Strahl und Molekülschicht ist. W. L. BRAGG untersuchte mit der elektrischen Methode die Reflexion von Palladiumstrahlen ($\lambda = 0,576 \cdot 10^{-8}$ cm) an Steinsalz, Flußspat, Zinkblende, Eisenpyrit, Dolomit, Kalkspat, $NaNO_3$, $MnCO_3$, $FeCO_3$ ¹⁾. Er fand, daß die Intensitäten der jener Formel entsprechenden Strahlen des „normalen“ Spektrums näherungsweise im Verhältnis der Zahlen 100, 20, 7, 31 abnehmen; die Atome reflektieren unabhängig voneinander, und die beugende Kraft des Atoms, gemessen durch die Amplitude der reflektierten Welle, ist dem Atomgewicht proportional. Liegen im Kristall parallel zur reflektierten Fläche zwei oder mehr gegeneinander verschobene Systeme von Netzebenen mit gleichem d , aber verschiedenem Atominhalt, so lagern sich die in gleicher Richtung reflektierten Strahlen mit Phasendifferenzen übereinander, die der Entfernung x der Systeme proportional sind. Dadurch wird bewirkt, daß gewisse Ordnungen des Spektrums verschwinden, andere besonders stark hervortreten. Durch Ausmessung der Intensitäten des Spektrums kann das Verhältnis x/d bestimmt werden. Der Verf. fand die theoretisch berechneten Winkel und Intensitäten in guter Übereinstimmung mit den gemessenen Werten. — Weiterhin wurden auch die Röntgenspektren an Kristallen von Schwefel und Quarz untersucht.

Ein besonderes Röntgenspektroskop hat H. ROHMANN konstruiert²⁾. Es besteht aus einem zylindrisch gebogenen Glimmerblatt, auf das die parallele Primärstrahlung streifend unter verschiedenen Winkeln auffällt. Die abgebeugte Strahlung, deren Intensität nur für einen bestimmten Einfallswinkel stark ist, trifft auf eine photographische Platte und erzeugt hier ein Spektrum der einfallenden Strahlung. Das Spektrum zeigte neben einer Andeutung des bei kleinen Wellenlängen liegenden kontinuierlichen Spektrums zwei Gruppen von je vier sehr scharfen Linien. Ganz gleiche Spektren ergaben sich bei Anwendung verschiedener Krümmungsradien und bei verschiedener Orientierung der Glimmerblätter. Mit diesem Spektroskop nahm der Verf. die Röntgen-

spektren einiger Metalle auf, die als Antikathodenmaterial einer kleinen Röntgenröhre dienten. Auf einer Tafel werden die Spektren von *Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Pt, Au, Th* reproduziert. Man erkennt neben den eigentlichen Spektrallinien, die sich durch ihre Schärfe und ihre zum Glimmerblatt parallele Richtung auszeichnen, noch eine Anzahl schiefliegender Linien; diese rühren her von Reflexionen an Molekülschichten, welche schief zur Oberfläche liegen.

Eine andere Art der Aufnahme eines Röntgenspektrums besteht darin, daß man einen von den Strahlen getroffenen Kristall in Drehung versetzt, wobei die einzelnen Spektrallinien nacheinander reflektiert und auf einer mit dem Kristall gedrehten photographischen Platte aufgenommen werden. H. SEEMANN³⁾ untersuchte in dieser Beziehung 20 Kristalle mit erlesenen Spaltflächen, darunter Zinkblende, Hämatit, Eisenpyrit, Kalkspat, Flußspat, Schwefel, Glimmer und Gips zunächst mittels eines Leuchtschirms; es zeigte sich, daß keiner so scharfe und helle Linien gab wie eine Spaltfläche eines großen Steinsalzstücks, das mithin zur Röntgenanalyse besonders geeignet ist. Der Fluoreszenzschirm läßt sofort das ganze Spektrum überblicken; zur Auflösung der feinen Linien ist allerdings die photographische Platte nötig. Der Verf. nahm so das Röntgenspektrum des Platins auf, wobei die Strahlen von der *Pt*-Antikathode durch ein Lithiumglasfenster und einen Spalt auf den Kristall fielen. Kristall und Platte blieben fest; die Aufnahmen erfolgten einzeln unter wechselnden Einfallswinkeln und wurden schließlich zu dem Gesamtspektrum zusammengesetzt. Schärfe und Kontraste wurden durch Verfeinerung des Spaltes (0,1–0,03 mm) erhöht. Das so erhaltene Platinspektrum zeigte eine große Anzahl von Linien verschiedenster Intensität; viele der von Bragg, Moseley und Darwin gefundenen Banden wurden in eine große Anzahl feiner Linien aufgelöst.

Ebenfalls mit Hilfe eines Steinsalzkrystals bestimmte M. DE BROGLIE die Röntgenspektren bei Antikathoden aus Platin, Wolfram, Kupfer, Eisen, Gold⁴⁾. Derselbe fand, daß man dieselben Spektren in bequemerer Weise erhält, wenn man die Metalle und Salze (in Säckchen aus Seidenpapier eingeschlossen) im Abstand von einigen Zentimetern vor einer gewöhn-

¹⁾ Proc. Roy. Soc. 89, 468, 575 (1914); Beiblätter 38, 831 (1914).

²⁾ Phys. Zeitschr. 15, 510, 715 (1914).

³⁾ Phys. Zeitschr. 15, 794 (1914).

⁴⁾ C. R. 158, 177, 629, 1785 (1914); Beiblätter 38, 830, 1341 (1914).

lichen Röntgenröhre von dieser bestrahlt und ihre Sekundärstrahlung mit rotierendem Steinsalz aufnimmt. Das Spektrum eines Elements zeigte sich unabhängig von der Art seiner chemischen Bindung; hierdurch ist für die Elemente vom Atomgewicht > 28 eine Spektralanalyse ermöglicht, bei der das Präparat keine weitere Behandlung nötig hat. Das Spektrum des Tellurs war etwas weicher als das des Jods, so daß im periodischen System Jod vor Tellur stehen muß. Das Spektrum einer Platinantikathode zeigte durch Einschaltung eines Kupferschirms einen scharf hinter dem Spektrum des Kupfers bei kleineren Wellenlängen liegenden Absorptionsstreifen.

Bei den Laueschen Interferenzerscheinungen nimmt der Diamant eine ganz besondere Stellung ein, da seine Strahlung nach allen Richtungen erfolgt, während sie bei den andern Kristallen auf einen Kegel vom Öffnungswinkel 45° beschränkt ist. E. KELLER hat die Diamantröntgenbilder vollständig durchgerechnet⁵⁾. Als Ergebnis dieser Rechnung im Vergleich mit der Beobachtung kann man sagen, daß die Diamantröntgenbilder eine glänzende Bestätigung des Bragg'schen Diamantgitters und der Laueschen Theorie geben, nach welcher der Kristall von dem auffallenden kontinuierlichen Röntgenspektrum die zwischen seine Netzebenen passenden Wellenlängen heraussondert. Die Sonderstellung des Diamanten sollte nach Debye allein durch dessen thermische Anomalien bedingt sein (diese Zeitschr. XXVII, 185). Der Verf. findet diesen Grund nicht als ausreichend und zeigt, daß drei Momente gleichzeitig nötig sind, damit die Interferenzstrahlung sich über einen möglichst großen Raumwinkel erstreckt: 1. kleine Gitterkonstante, 2. geringe Absorption, 3. große Abweichungen vom Dulong-Petitschen Gesetz. Alle drei Bedingungen sind beim Diamant erfüllt; so ist die Gitterkonstante $3,55 \cdot 10^{-8}$ cm, während sie z. B. bei *ZnS* $5,43 \cdot 10^{-8}$ cm ist. Möglicherweise strahlt Graphit, bei dem 2. und 3. auch erfüllt sind, ebenfalls nach vorn.

Die Intensität und der Absorptionsindex der Röntgenstrahlen von Platin und Kohle wurde von H. KIRSCHBAUM untersucht⁶⁾. Für die Messung der Elektroden-spannung wurde eine Influenzmaschine und ein Hochspannungselektrometer benutzt. Die Röntgenröhre war kugelförmig mit genau kreisförmigem Querschnitt, als Antikathoden-

material diente Platin und Kohle. Um den photographischen Absorptionsindex festzustellen, wurde um die Röntgenröhre ein photographischer Film gelegt, der zum Teil nur mit schwarzem Papier, zum Teil mit Aluminiumblech bedeckt war; der Vergleich der Schwärzungen an den beiden Stellen ergab für verschiedene Azimute den photographischen Absorptionsindex. Ebenso wurde der für Gasionisierung gültige Absorptionsindex bei Aluminium bestimmt und mit dem photographischen Index verglichen. Es zeigte sich, daß beide Indizes im allgemeinen verschieden voneinander waren. Der *Al*-Absorptionsindex der *C*-Strahlung war ferner größer als der Index der *Pt*-Strahlung, und zwar im Verhältnis 1:0,77. Für Elektroden-spannungen zwischen 12000 und 25000 Volt wurde der Absorptionsindex mit wachsender Spannung langsam kleiner und war auch etwas mit dem Azimut veränderlich. Bei gleicher Spannung war die Intensität der *Pt*-Strahlung ungefähr 17mal intensiver als die *C*-Strahlung. Beide Strahlungen waren dissymmetrisch in bezug auf eine Ebene senkrecht zur Achse der erzeugenden Kathodenstrahlen.

Die Durchlässigkeit der zusammengesetzten Stoffe für Röntgenstrahlen entspricht additiv der Durchlässigkeit ihrer Bestandteile. L. BENOIST und H. COPAUX⁷⁾ fanden hierfür das Gesetz $M/E = \sum m/e$; hier sind *M* die Gesamtmasse, *m* die Massen der Teile, *E* und *e* die bzw. „Äquivalente der Durchlässigkeit“, d. h. die Massen pro qcm bestrahlter Oberfläche, die von Strahlen bestimmter Härte ebensoviel durchlassen als eine Menge von 20,8 g Aluminium, die den Strahlen dieselbe Oberfläche bietet. Das Gesetz fand sich bei Ferricyankalium, Purpureokobaltchlorid, Kaliumsilicomolybdat gut bestätigt. Bei verschiedenen Elementen nimmt das Äquivalent der Durchlässigkeit in kontinuierlicher Folge mit steigendem Atomgewicht ab. Für die Elemente Thorium, Cerium, Beryllium konnten die Verf. die Äquivalente aus den Äquivalenten der Salze jener Elemente nach dem additiven Gesetz berechnen. Aus der Zuordnung der so erhaltenen Äquivalente zum Atomgewichte konnten die Atomgewichte selbst festgelegt werden; und zwar ergab sich *Th* = 232, *Ce* = 140,2, *Be* = 9,1, Werte, die auch aus den chemischen Eigenschaften dieser Stoffe sich ergeben.

⁵⁾ Ann. d. Physik 46, 157 (1915).

⁶⁾ Ann. d. Physik 46, 85 (1915).

⁷⁾ C. R. 158, 559, 859 (1914); Beiblätter 39, 39 (1915).

Eine wichtige Beziehung zwischen Absorption und Wellenlänge der Röntgenstrahlen hat M. SIEGBAHN gefunden⁸⁾. Nachdem durch die Untersuchungen von Moseley und Darwin eine große Reihe von Wellenlängen der charakteristischen Strahlung verschiedener Elemente bekannt war, andererseits auch die Absorption μ/σ dieser Strahlen im Aluminium bestimmt wurde, hat der Verf. die Logarithmen der Absorptionswerte als Funktion der Wellenlänge graphisch dargestellt und fand, daß die so erhaltenen Punkte auf einer geraden Linie liegen. Der Wellenlängenbereich ging hierbei von $3,368 \cdot 10^{-8}$ bis $0,560 \cdot 10^{-8}$, die Absorption von 435 bis 2,5. Die Beziehung zwischen Absorption und Wellenlänge läßt sich daher durch die Gleichung $(\mu/\sigma)_{Al} = A \cdot \lambda^x$ darstellen, in der A und x aus den Versuchen zu bestimmende Konstanten sind. Dieselbe Formel scheint auch für andere Metalle und Gase außerhalb des Gebietes der selektiven Absorption zu gelten, und zwar mit demselben Wert von x (nahezu 3). Aus der obigen Formel lassen sich andere bekannte Beziehungen ableiten. So hatten Barkla und Sadler gefunden, daß das Verhältnis μ/σ für dieselbe Strahlung in zwei verschiedenen Elementen eine Konstante ist, was auch die Formel zeigt. Da ferner nach Moseley, wenn N das Atomgewicht bedeutet, $\lambda = \text{const.} (N-1)^{-2}$, so ist nach der obigen Formel $\mu/\sigma = \text{const.} (N-1)^{-2x}$. Vernachlässigt man 1 gegen N und nimmt $2x$ nahe $= 6$, so hat man annähernd das von Owen aufgestellte Gesetz, nach dem die Absorbierbarkeit der charakteristischen Strahlung umgekehrt proportional der 5. Potenz des Atomgewichts des strahlenden Elements ist.

Die Absorptionskoeffizienten μ/σ ($\sigma =$ Dichte) der Röntgenstrahlen im Aluminium liegen für gewöhnliche X-Strahlung zwischen 8 und 4, für harte X-Strahlung zwischen 4 und 2. Im Gegensatz dazu liegt der Koeffizient für die γ -Strahlung der Radium- und Mesothoriumpräparate bei 0,1, ist also nur $1/10$ bis $1/30$ des ersteren. Dem entspricht die Tatsache, daß 1 cm Körperfleisch 90 bis 30 Proz. der X-Strahlung, aber nur 8 bis 4 Proz. der γ -Strahlung absorbiert. F. DESSAUER ist es nun gelungen, auch Röntgenstrahlen vom Absorptionskoeffizienten 0,1, also eine radiumähnliche X-Strahlung, herzustellen⁹⁾. Bei Vorversuchen wurde die Ioni-

sierung der X-Strahlung gemessen, wenn diese steigend filtrierte wurde, und die so gefundene Ionisierungsintensität in Prozenten der ursprünglichen Intensität ausgedrückt. Dabei zeigte sich, daß unter geeigneten Verhältnissen das Spektrum einer Röhre außerordentlich weit reicht, d. h. daß auch Strahlen von großer Durchdringungsfähigkeit vorhanden sind. Die hierfür nötigen Bedingungen wurden in einer Steigerung der Geschwindigkeit der Strahlung erzeugenden Kathodenstrahlen gefunden. Diese beträgt etwa $1/10$ der Lichtgeschwindigkeit (also 30 000 km), während die entsprechende Geschwindigkeit der β -Strahlung des Radiums bis zu $9/10$ der Lichtgeschwindigkeit reicht. Es kam also darauf an, die Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen zu steigern. In Stromkreisen mit hoher Selbstinduktion und Kapazität und einer Funkenstrecke können außer den Normalspannungen Überspannungen auftreten, die dann auch derartig rasche Kathodenstrahlen veranlassen. Durch Variation der Bestimmungsstücke des Röntgenstromkreises konnte DESSAUER sehr große Mengen von X-Strahlen herstellen, deren Absorptionskoeffizient bei 0,1 und darunter lag, die also mit den γ -Strahlen identisch sein dürften. Sie haben aber vor diesen den Vorzug, viel intensiver zu sein; das Intensitätsverhältnis beider ging von 1:500 bis 1:1000. Diese intensiven γ -Strahlen dürften für die Anwendung in der Medizin von hoher Bedeutung werden.

Die „X γ -Strahlung“ bildet ein scharf begrenztes enges Spektralgebiet, das sich durch ein Bleifilter von 1 mm Dicke von den andern Strahlen trennen läßt. Den Absorptionskoeffizienten bestimmte B. WINAWER zu 0,15 im Mittel. Weitere Filtration änderte daran nur wenig, so daß man es mit einem sehr konstanten und homogenen Strahlenbündel zu tun hat. Mit der Ionisierungsmethode untersuchte WINAWER die Absorption dieser Strahlung in Graphit, Aluminium, Magnesium, Eisen, Kupfer, Antimon, Zink, Kadmium, Silber, Zinn, Platin, Gold, Blei, Wismut. Es zeigte sich, daß der Absorptionskoeffizient μ/σ stetig mit dem Atomgewicht des Elements wächst, von 0,14 für Aluminium, bis zu 3,2 für Gold. Die leichteren Elemente absorbieren die X γ -Strahlung verhältnismäßig schwach. Für Aluminium, Magnesium, Graphit nähert sich die Durchdringungsfähigkeit der X γ -Strahlen derjenigen der γ -Strahlen des Radiums (0,14 bei X γ , 0,04 bei Ra- γ). Bei den schweren Elementen wird dagegen der

⁸⁾ Phys. Zeitschr. 15, 753 (1914).

⁹⁾ Phys. Zeitschr. 15, 739, 942 (1914).

Unterschied in der Durchdringungsfähigkeit der beiden Strahlungsarten sehr groß, er wächst mit dem Atomgewicht. Das Verhältnis der Absorptionskoeffizienten in zwei Elementen ist auch für die $X\gamma$ -Strahlung eine Konstante und entspricht also dem von Siegbahn gefundenen Ergebnis.

Charakteristische Erscheinungen bei der Bestrahlung von Rändern mit Röntgenstrahlen beobachtete J. LAUB¹⁰⁾. Die Strahlen passierten ein 3 cm weites Bleirohr, vor dem sich ein etwas schmalerer Streifen Zinkblech befand, so daß an beiden Seiten ein Spalt vorhanden war. Auf einer photographischen Platte sah man dann außer den vom Zinkblech und dem Spalt durchgelassenen Primärstrahlen noch ein etwas größeres und weniger intensives „Abbild“ des Spaltes. Eine einfache Bleiblende von 3 cm Weite zeigte bei senkrechtem Durchgang paralleler Strahlen einen scharf begrenzten, gleichmäßig geschwärtzten Kreis; fielen die Strahlen aber schräg auf die Bleiränder, so zeigten sich um den Kreis ein schmaler, tiefschwarzer und ein breiterer, weniger scharf begrenzter Ring. Die Konturen sämtlicher Kreise hatten genau die Gestalt des etwas deformierten Bleirandes. Durch Absorptionsmessungen an Glasplatten konnte festgestellt werden, daß die Kreise verschiedenen harten Strahlen angehören; die Strahlenhärte nahm mit dem Abstand vom Durchstoßungskreis ab. An den Rändern von Kupfer-, Schwefel- und Holzkohlenplatten wurden ähnliche Erscheinungen beobachtet. Nach der Ansicht des Verf. hat man es hier mit einer Art Beugung der Röntgenstrahlen an den Rändern zu tun, die besonders ausgezeichnete Struktureigenschaften (eine regelmäßige Lagerung der Moleküle) besitzen müssen. Der Randeffect ließ sich zu einer Spektroskopie der Röntgenstrahlen benutzen. Dazu wurden die Strahlen durch einen sehr feinen, von zwei Bleirändern gebildeten, rechteckigen Schlitz geschickt. Das auf einer photographischen Platte erhaltene Spektrum zeigte symmetrisch zu beiden Seiten des Spaltes dasselbe Bild: zwei Banden, von denen die eine sehr scharf ist und von den harten Strahlen herrührt. Je nach der Härte der Röhre findet sich dann noch eine Reihe von Linien. Das Spektrum ist überhaupt wesentlich abhängig von der Härte der Röhre.

¹⁰⁾ Phys. Zeitschr. **15**, 324, 622, 665, 730, 732 (1914).

Ob die Intensitätsverteilung der Röntgenstrahlen nach den verschiedenen Richtungen gleichmäßig ist, suchte W. LOEBE mit einer Graphitantikathode festzustellen¹¹⁾. Diese hatte eine halbzylindrische Form und war direkt in die Wand der Röhre eingesetzt. Die hohlspiegelförmige Kathode war so angebracht, daß der Brennpunkt der von ihr ausgehenden Kathodenstrahlen auf die Achse der Graphitantikathode fiel. Konaxial mit dieser wurde innerhalb der Röhre ein halbkreisförmig gebogener photographischer Film angebracht. Die von der Achse der Antikathode kommenden Röntgenstrahlen hatten dann alle eine gleich dicke Kohle- und Luftschicht, dagegen keine Glaswand zu durchdringen. Der Film wurde mit einem Hartmannschen Mikrophotometer photometriert. Die Beobachtungen führten zu folgendem Ergebnis. Die Intensität der Röntgenstrahlen ist eine Funktion des Winkels, den die Richtung der Kathodenstrahlen mit der Richtung der Röntgenstrahlen bildet. Das Maximum der Intensität verschiebt sich mit zunehmender Härte der Röhre nach abnehmendem Winkel, in Übereinstimmung mit der von Sommerfeld gegebenen Theorie. Das Maximum der Intensität verschiebt sich nach größerem Winkel, wenn die Röntgenstrahlen eine Metallschicht durchdringen, nach kleinerem Winkel beim Durchdringen von Glas; die Ursache hierfür dürfte in der Sekundärstrahlung zu finden sein. Bei einem Winkel von 0° hat die Intensität der Röntgenstrahlen ein deutliches Minimum.

Bei einem von Wulff erhaltenen Röntgenogramm bemerkte N. USPENSKI, daß der Zentralfleck deutlich die Konturen der Antikathode aufwies¹²⁾. Dies führte ihn zu der Untersuchung, ob sich das Prinzip der Lochkamera für Röntgenstrahlen anwenden lasse. Als Kamera diente ein Bleikasten, in den die Strahlen durch ein 2–3 mm weites Loch eintraten. Die Aufstellung des zu photographierenden Gegenstandes in entsprechender Entfernung wurde auf optischem Wege mit Hilfe einer matten Glasscheibe vorgenommen, die dann durch eine photographische Platte ersetzt wurde. Nach einer Exposition von 15 Minuten erhielt man so ein objektives Bild der Röntgenstrahlung der ganzen Röhre; bei längerer Exposition gelang es auch, mit Röntgenstrahlen beleuchtete Gegenstände zu photographieren. Bei Belastungen der Röhre

¹¹⁾ Ann. d. Physik **44**, 1033 (1914).

¹²⁾ Phys. Zeitschr. **15**, 717 (1914).

mit 5–6 Milliampere konnte das Phänomen auch auf einem Fluoreszenzschirm beobachtet werden.

Die Meßtechnik im Röntgenwesen ist von H. KRÖNCKE auf eine ganz neue Grundlage gestellt worden¹³⁾. Die für die Strahlen charakteristischen Größen sind die Intensität und die Härte der Strahlen. Intensität ist die Energie, die in der Zeiteinheit durch eine Flächeneinheit senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Strahlen hindurchtritt. Zur Messung der Intensität diente der durch Ionisierung zwischen geladenen Kondensatorplatten erzeugte Sättigungsstrom, welcher der Intensität proportional ist. Als Maß für die Härte diente die Absorption der Strahlen in einem Normalkörper, für den eine Schicht von $d = 0,5$ mm Aluminium genommen wurde. Ist J_0 die Intensität der zu messenden Strahlen und J die Intensität der von der Dicke d durchgelassenen Strahlen, so ist der Absorptionsindex x aus der Gleichung $J = J_0 \cdot e^{-dx}$ zu bestimmen. Aus den Messungen des Verf. hat sich ergeben: Die Strahlenintensität ist direkt proportional dem Strom in der Röntgenröhre, sie ist eine lineare Funktion der erzeugenden Spannung und hängt in hohem Maße von der Glasdicke der Röhre ab. In absolutem Maße ist die Strahlungsintensität

$$S = \frac{K}{r} D \cdot J (V^2 - V_0^2),$$

wo K eine Konstante, r die Entfernung zwischen Meßkondensator und Antikathode, D ein von der Glasdicke abhängiger Faktor, J und V Strom und Spannung in der Röhre, V_0 eine Konstante bedeuten. Die Messungen über die Härte ergaben: Die Härte ist unabhängig von der Stärke des Stroms in der Röhre, sie ist eine eindeutige Funktion der Spannung. Die Strahlung einer Röhre ist um so härter, je dicker das Glas ist, da dieses dann die weichen Strahlen um so mehr abfängt. Die Intensität der Strahlen läßt sich auch auf photographischem Wege vergleichen, da eine photographische Platte bei konstantem $J \cdot t$ (Strahlungsintensität J in der Zeit t) gleichmäßig geschwärzt wird. Bei Untersuchung des Härteeinflusses auf die photographische Platte zeigte sich aber, daß die photographisch gemessenen Werte gegenüber den durch Ionisation gemessenen Abweichungen bis zu 50 % zeigen. *Schk.*

¹³⁾ H. KRÖNCKE, „Über die Messung der Intensität und Härte der Röntgenstrahlen“, Dissertation, Göttingen; Referat von P. Ludewig in „Die Naturwissenschaften“ 2, 550 (1914).

Neues von der Kolloidchemie. Im nachfolgenden seien die wichtigsten Ergebnisse experimenteller Forschung, die auf diesem sich mächtig ausdehnenden Gebiete der anorganischen Chemie im Jahre 1913 bekannt geworden sind, aufgeführt.

Nach A. und L. LUMIÈRE und A. SEYEWETZ¹⁾ erhalten die Silberbilder den gleichen braunen Ton, welchen sie in einem 80° heißen Bade von Alaun-Natriumthiosulfat annehmen, in der Kälte durch kolloiden Schwefel, wenn man folgendermaßen arbeitet: Man legt die Silberpositive in eine Lösung von 125 g Natriumthiosulfat und 250 ccm 50%iger Dextrinlösung in 1000 ccm Wasser, der im Augenblicke der Verwendung 50 ccm gewöhnliche Salzsäure zugesetzt werden, nimmt sie nach 20–25 Minuten heraus und wäscht sie ungefähr 1½ Stunden lang aus, wobei der braune Ton allmählich erscheint.

Eine ausführliche Untersuchung über kolloides Selen, die sich mit der Reduktion wäßriger Lösungen von seleniger Säure und der Reversibilität der dabei entstehenden dispersen Systeme befaßt, haben A. GUTBIER und FR. HEINRICH veröffentlicht²⁾.

Ein interessantes Verfahren zur Bereitung von kolloidem Schwefel und Selen hat R. EMSLÄNDER und unabhängig von diesem JULIUS MEYER beschrieben³⁾. Hiernach löst man gepulverten Schwefel bzw. gepulvertes rotes, amorphes oder graues, kristallinisches Selen in einigen Kubikzentimetern Hydrazinhydrat auf und gibt einige Tropfen der dunkelfarbigen, sirupartigen Flüssigkeit in mehrere Liter Wasser. Man erhält auf diese Weise beim Selen eine intensiv rote, beim Schwefel eine erst zitronengelbe, dann weißlichgelbe kolloide Lösung von großer Beständigkeit.

Auch über die Bildung von kolloidem Kohlenstoff liegen im Berichtsjahre mehrere Mitteilungen vor. So lassen sich z. B. nach C. THOMAE⁴⁾ Retortengraphit und Graphitelektroden unter Wasser bei Gegenwart von etwas Alkali unter Bildung einer braunen bis schwarzen beständigen, kolloiden Lösung zerstäuben. Das Hydrosol läßt sich kochen, ohne Zersetzung zu erleiden, und scheidet auf Zusatz von wenig Salzsäure oder Natriumchlorid einen schwarzen Niederschlag ab. Dieselben Versuche machte auch B. L. VANZETTI⁵⁾,

¹⁾ Rev. chim. pure et appl. 16, 30 (1913).

²⁾ Kolloidchemische Beihefte 4, 413.

³⁾ Chem. Ber. 46, 3089.

⁴⁾ Zeitschr. f. Kolloide 12, 268 (1912).

⁵⁾ Zeitschr. f. Kolloide 13, 6 (1913).

während HENRY L. DOYLE⁶⁾ den Einfluß verschiedener Stoffe auf Suspensionen von fein zerriebener Knochenkohle untersuchte.

Die rote Farbe des Tyndallschen Bündels schlägt nach M. PHILIPPSON⁷⁾ binnen kurzer Zeit in Weiß um, wenn man in eine Lösung von kolloidem Kupfer sorgfältig gereinigte Platin- oder Zinkplatten hinein bringt. Das kolloide Kupfer wird hierbei durch das metallische Zink u. Platin metallisch niedergeschlagen, während ein Teil des ausfallenden Metalls in den kolloiden Zustand übergeht.

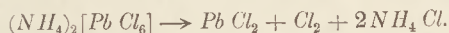
Ein Verfahren zur Herstellung von Silber in kolloidaler Form beschreibt neben KOLBER und SCHWARZ A. PIERONIE⁸⁾: Löst man Silbernitrat (oder Kupfersulfat) in Pyridin auf und gibt eine Lösung von Pyrogallol in Pyridin hinzu, so erhält man bei Silbernitrat eine gelbe Flüssigkeit, die sich mit Wasser verdünnen läßt und eine kolloide Lösung darstellt. Je nach der Konzentration schwankt die Farbe der Lösung im auffallenden Lichte von Hellgrau bis Graubraun, im durchscheinenden Lichte von Gelb bis Violett. Eine Lösung von 0,05 g Silber in 100 ccm ist genügend haltbar. Bei Verwendung von Gerbsäure beträgt die Maximalkonzentration 0,064 g Silber in 100 ccm Lösungsmittel.

Die Einwirkung von Natriumhypophosphit auf sehr verdünnte Lösungen von Kaliumplatochlorid untersuchten A. SIEVERTS⁹⁾ u. ERNST PETERS. Ist das Natriumhypophosphit in großem Überschusse vorhanden (z. B. : 120 : 1), so entstehen beim Erwärmen hellbraune bis gelbe, unbegrenzt haltbare Lösungen, welche sich, ohne Zersetzung zu erleiden, eindampfen lassen.

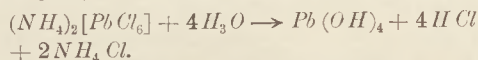
Nach A. SKITA¹⁰⁾ und W. A. Meyer erhält man kolloides Platin leicht dadurch, daß man einer Lösung von Wasserstoffplatinchlorid und Gummiarabicum eine Spur einer kolloiden Lösung von Platin oder Palladium hinzusetzt und nun Wasserstoff einpreßt. Hiernach gelingt es leicht, die gesamte Menge des zu be-

handelnden Platins in den kolloiden Zustand überzuführen.

Kolloides Bleidioxyd wurde von A. GUTBIER¹¹⁾ mit E. SAUER und M. WISSMÜLLER bearbeitet. Übergießt man fein gepulvertes Ammoniumhexachloroplumbat mit wenig Wasser, so findet eine Bildung von Bleichlorid statt:



Behandelt man jedoch das Salz mit viel Wasser, so entstehen klare, tiefbraune Lösungen, welche langsam einen Niederschlag von Bleidioxyd absondern, während die braune Flüssigkeit eine kolloide Lösung von Bleidioxyd (bzw. dessen Hydraten) darstellt:



Bei der Herstellung der kolloiden Lösung trägt man das feingepulverte Ammonsalz in eine Mischung von Ammoniak und eine Lösung von Gummiarabicum ein, und zwar derart, daß auf 1 g Salz 20 ccm n/5 Ammoniak vorhanden sind.

Unbegrenzt haltbare Lösungen von kolloiden Metallen in gesättigten oder ungesättigten Kohlenwasserstoffen erhält man nach einem Patent der Farbenfabriken vorm. FRIEDR. BAYER & Co. dadurch, daß man die Zerstäubung unter Zusatz einer geringen Menge von Kautschuk oder einer kautschukartigen Masse vornimmt. An Stelle der Kohlenwasserstoffe lassen sich auch andere kautschuklösende Mittel (Chloroform, Kohlenstofftetrachlorid, Ather usw.) anwenden.

Schwefel im kolloiden Zustande zeigt infolge seiner großen Zerteilung und der dadurch bedingten bedeutenden Oberfläche nach Sven Odén eine gesteigerte Reaktionsfähigkeit gegenüber dem gewöhnlichen Schwefel. Dadurch wird er u. a. zur Bildung von kolloiden Edelmetallsulfiden befähigt.

Kolloide Metallchloride bzw. -sulfate hat LADISLAUS KARZAG¹²⁾ aufgefunden durch Einwirkung von Thionylchlorid, bzw. Sulfurylchlorid auf Metallsalze organischer Säuren.

O. Bürger, Kürn.

4. Unterricht und Methode.

Das Verhältnis der geometrischen Optik zum physikalischen Schulunterricht. Über

⁶⁾ J. Physical Chem. **17**, 390 (1913).

⁷⁾ Bull. Acad. roy. Belgique, classe des sciences 1912, 580.

⁸⁾ Gaz. chim. ital. **43**, I. 197 (1913).

⁹⁾ Zeitschr. f. Kolloide **12**, 263 (1913).

¹⁰⁾ Ber. **45**, 3579 (1912).

diesen Gegenstand hat W. VOLKMAN im Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts einen Vortrag gehalten, der in der Zeitschr. f. d. naturw. u. erdkundl. Unterricht 1915, Heft 1/2, abgedruckt ist. Der Vortrag setzt im ersten Teil die Verdienste von

¹¹⁾ Zeitschr. f. Kolloide **12**, 171 (1913).

¹²⁾ D. R. P. 263286 (1913).

ERNST ABBE um die Theorie der optischen Instrumente auseinander, wobei besonders auch der Unterschied zwischen geometrischer und physikalischer Abbildung zur Sprache kommt, der durch eine ungeeignete Terminologie zum Teil verwischt erscheint. „Die physikalischen Bedingungen der Verwirklichung der Abbildung bringen stets Beschränkungen hinsichtlich der Geltung der Abbildungsformeln mit sich, sei es hinsichtlich der Ausdehnung des Bildfeldes oder der Weite der abbildenden Strahlenbüschel, in jedem Falle aber hinsichtlich der Schärfe, denn es ist schlechterdings unmöglich, einen Punkt streng als Punkt abzubilden.“ Es sei auch nicht immer leicht zu erkennen, was der mathematischen und was der physikalischen Seite des Problems angehöre. So gehöre die „Blende“, d. h. die Absperrung des Lichtweges bis auf ein verhältnismäßig kleines Loch, zumeist den physikalischen, bisweilen aber schon den mathematischen Bedingungen an. Z. B. sei zur flächenhaften Abbildung eines Raumes ein Zentrum der Perspektive nötig, das seiner Natur nach punktförmig sein sollte; vermöge ihrer Ausgedehntheit bringe die abbildende Linse eine Unklarheit in den Begriff „des Bildes, der nachher physikalisch verwirklicht werden soll; die Blende als Mittel zur Tiefenschärfe sei daher mathematischer Natur.

Ähnliche Schwierigkeiten, nur in noch höherem Maße, zeigen sich in der Schuloptik. Es ist allerdings nicht so, wie der Verfasser meint, daß die Schule gar nichts von der eingeschränkten Geltung ihrer Ableitungen erwähnt. Ein guter Unterricht und bessere Lehrbücher pflegen stets darauf hinzuweisen, daß eine Linse überhaupt nur in gewissen Fällen, nämlich bei starker Ablendung oder in beschränktem Gebiet, nämlich nahe der Achse, ein „Bild“ entwerfe. Aber allerdings verleitet die weitere Behandlung leicht zu der Auffassung, „als ob die Anwesenheit einer beliebigen Linse die uneingeschränkte Geltung der geometrischen Optik zur Folge habe“. Der mit so großer Sicherheit definierte Brennpunkt findet sich in der Wirklichkeit nicht, und die Konstruktionslinien bei der Konstruktion eines Bildes mit Hilfe der achsenparallelen Geraden sind nicht Lichtstrahlen, wofür sie der Unerfahrene häufig hält. Auch hier eine Unstimmigkeit zwischen mathematischer Darstellung und physikalischer Wirklichkeit.

„Eine Sammellinse von z. B. 5 cm Durchmesser und 20 cm Brennweite oder von 10 cm Durchmesser und 45 cm Brennweite, wie man

sie in der Schule zu benutzen pflegt, hat gar keine Hauptebene, gar keine ausreichend definierten Brennpunkte, sie gibt gar kein Bild im Sinne der geometrischen Optik . . . von alledem könnte erst geredet werden, wenn man die Linsen auf einen sehr viel geringeren Durchmesser verkleinerte, und dann wären sie leider für den Schulunterricht nicht mehr brauchbar.“

Der Verfasser befürwortet angesichts dieser Sachlage ein rein experimentelles Vorgehen; ein solches ist hinreichend, um die physikalischen Grundlagen zu geben, die für das Verständnis der optischen Instrumente, speziell auch der photographischen Apparate und der Mikroskope erforderlich sind: Er schließt sich bei seinen Vorschlägen an sein Büchlein über die Praxis der Linsenoptik (d. Zeitschr. XXIV, 188) an, empfiehlt aber an Stelle der dort benutzten Brillengläser Plankonvexlinsen von 10 cm Durchmesser, 15, 30 und 60 cm Brennweite. Er teilt die Versuche in zwei Gruppen, die beide ohne Kenntnis des Brechungsgesetzes auf Grund der beim ersten Versuch bereits beobachteten Strahlenvereinigung hinreichend erläutert werden können, ähnlich wie dies schon in KEPLERS Dioptrik geschieht. „In der einen Gruppe verwendet man das Bild, wie es eine gerade vorhandene Linse eben gibt, zur Erläuterung der Lage- und Größenbeziehungen von Objekt und Bild und zur Erklärung der Verwendung der Linse im Auge und zur Unterstützung des Auges (Lupe, Brille), im photographischen und Projektionsapparat, in den Fernrohren und Mikroskopen. In der zweiten Gruppe beschäftigt man sich mit den Mitteln, durch die eine Verbesserung des Bildes nach Schärfe, Ausdehnung und Helligkeit möglich ist, stellt die „Linsenfehler“ (sphärischen, chromatischen, Verzeichnung, Bildfeldwölbung, Astigmatismus, Koma, Spiegelflecke) (d. Zeitschr. XXV, 201) einzeln besonders deutlich dar und beseitigt jeden einzelnen in hohem Grade durch Anwendung plan-konvexer und -konkaver Linsen in geeignetem Abstand voneinander und von Blenden, die man in Pappe schneidet. Mit diesen einfachen Mitteln lassen sich die „Linsenfehler“ überraschend deutlich zeigen und für die Bedingungen und Mittel ihrer Beseitigung ohne schwierige Überlegung und ganz ohne Formel aus dem Versuch heraus ein sehr tiefgehendes Verständnis gewinnen.“ Allerdings ist es bei dieser experimentellen Behandlung unvermeidlich (und kann sicher als ein Vorzug angesehen werden), daß man alle Begriffe, so namentlich auch die des „guten Bildes“, in unsicherer Form ein-

führen und sie ihre scharfe Begrenzung erst allmählich gewinnen lassen muß.

Anlässlich der Frage nach der Leistungsgrenze der optischen Instrumente sei auch Gelegenheit, die ungeheure praktische Bedeutung der Wellennatur des Lichts zu erörtern. „Was die Schule von der Beugung lehrt, klingt alles so weltfremd, so sonderbar, vor 50 Jahren hätte man gesagt, so kurios! Weckt nicht schon das Wort Beugung die Vorstellung, als sei bei diesen Erscheinungen dem Lichte Gewalt angetan? Und in Wirklichkeit handelt es sich bei diesen Erscheinungen um die wenigen Fälle, in denen das Licht, befreit von den Fesseln einer allseitigen Einengung durch seinesgleichen, seine wahre Natur einmal zeigen kann und seine für das Naturverständnis wichtigsten Geheimnisse offenbart.“ Diese recht revolutionär anmutenden Bemerkungen mögen immerhin dazu Anlaß geben, auch das Gebiet der Wellenoptik einer kritischen Revision zu unterziehen. P.

Die Luftpotelektrizität im Unterricht. Hierüber hat H. GEITEL in den „Unterrichtsblättern“ 1914, Heft 4, Mitteilungen gemacht, die sich zum größten Teil mit dem Inhalt des in diesem Heft d. Zeitschr., S. 65 veröffentlichten Aufsatzes decken. Er macht dort aber auch einige Bemerkungen über die neuesten Auffassungen bezüglich der Gewitterelektrizität, woraus folgendes hier wiedergegeben sei:

„Wir gehen auf den Versuch zurück, der das Aufhören der Elektrizitätsbewegung im Nebel zeigte, und schließt daraus, daß eine Wolke zu den besten Isolatoren gehört, die wir kennen, sie leitet wesentlich schlechter als reine Luft, wegen der verminderten Beweglichkeit der in ihr entstehenden Ionen.

Alle Vorstellungen der Art, die in manchen älteren Lehrbüchern noch vorkommen, daß die Wolken, als von feuchter Luft erfüllt, Leiter seien, daß elektrische Ladungen sich daher auf ihren, dem Auge sichtbaren „Oberflächen“ wie auf metallischen Leitern anhäufen, wohl gar an hervorragenden Stellen größere Dichtigkeit annehmen, sind als unhaltbar zurückzuweisen. Die elektrische Ladung einer Wolke ist nichts anderes als die algebraische Summe der Raumladungen, die sich innerhalb des von ihr erfüllten Volumens vorfinden. Ihr Potential nach außen hängt ganz von der Verteilung dieser Ladungen ab. Direkte Messungen der Eigenelektrizität von Schnee und Regen haben erwiesen, daß Ladungen

beiderlei Vorzeichens an den Niederschlagsteilchen haften und von ihnen zur Erde geführt werden. Der Vorgang, durch den die Wolkenelektrizität entsteht, muß daher an den einzelnen Wasser- und Eisteilchen, nicht an den Wolken als ganzen Gebilden tätig sein.

Auch die Blitzentladung geht nie von der Oberfläche einer Wolke aus, sie ist ihrem Wesen nach das plötzliche Abströmen einer an getrennte Teilchen gebunden gewesenen Raumladung unter Überspringung der trennenden Zwischenräume. Sie erfolgt, sobald an irgendeiner Stelle das elektrische Feld den Betrag überschreitet, der zum Eintritt der selbständigen Entladung (durch sog. Ionenstoß) erforderlich ist. Sehr deutlich ist diese Natur des Blitzes als eines räumlichen Entladungsvorganges an den photographischen Stereoskopaufnahmen zu erkennen, bei denen übrigens, wie leicht verständlich, nur die gröberen Bahnen der Teilströme abgebildet werden, während die feinsten Wurzelfasern in der allgemeinen Erleuchtung des Bildes verschwinden.

Bekanntlich ist die Ursache der Wolkenelektrizität noch nicht mit Sicherheit anzugeben. Die hochinteressante Theorie von der Trennung der positiven und negativen Ionen der Luft während der Kondensation des Wasserdampfes, die sich auf die Versuche des englischen Physikers C. T. R. Wilson stützt, läßt sich den Schülern wohl verständlich machen. Allerdings ist dabei zu bemerken, daß sie in quantitativer Beziehung nicht genügt.“

ELSTER und GEITEL vertreten schon seit Jahren die Meinung, daß die Gewitterelektrizität aus einer Umsetzung von mechanischer Energie in elektrische Potentialdifferenz zu erklären ist. „Die Berührung und Trennung verschieden schnell fallender Niederschlagsteilchen in einem anfänglich vorhandenen, im übrigen beliebig schwachen Felde scheint uns ausreichend zu sein, wie bei einer selbsterregenden Influenzmaschine die Spannungsdifferenz zwischen Wolke und Erde, wie auch die unter den Wolken selbst bis zur Entladungsgrenze hinaufzutreiben. Besonders günstig dabei ist der feste Zustand der Niederschläge. Alle Anzeichen sprechen dafür, daß tatsächlich der Sitz der Elektrizitätsentwicklung in den Gewittern die Höhenstufe ist, in der das Wasser nur in fester Form auftritt.“ Näheres darüber ist vor kurzem in der Physikalischen Zeitschrift¹⁾ veröffentlicht worden.

¹⁾ Phys. Zeitschr. 14, S. 1287, 1913.

„Man wird schließlich im Unterricht noch gern von den Nutzenwendungen sprechen, die man für die Luftschiffahrt aus dem Vorgetragenen entnehmen kann.“

„Jedes Fahrzeug, das vom freien Felde aufsteigt, nimmt einen Teil der negativen Erdladung mit sich. Infolge der Ionisierung der umgebenden Luft verschwindet diese Ladung von selbst während der Fahrt, im Momente der Landung strömt sie von der Erde auf das Luftschiff zurück. Wird die Landung durch Auswerfen des Schleppseils vorbereitet, oder berührt wie beim Freiballon der schlecht leitende Korb zuerst den Boden, so wird der Ausgleich in der Regel unbemerkt erfolgen. Bei sehr großer Kapazität des Luftschiffes und metallischem Zusammenhange seiner Teile (wie bei einem Zeppelin) ist bei der Herstellung des Erdkontaktes eine mehr

oder minder deutliche Funkenbildung wahrscheinlich, besonders wenn die Berührung an einem guten Leiter erfolgt und das elektrische Feld der Erde, etwa durch ein heranziehendes Gewitter, abnorm hoch ist.“

„Ein Freiballon in einer Gewitterwolke kann dadurch zur Explosion gebracht werden, daß über die nasse Ballonhülle eine der unzähligen kleinen Teilentladungen hingeleitet, die in den gemeinsamen Blitzkanal einmünden, selbst wenn dieser kilometerweit vom Ballon zur Erde führt.“

„Das Auftreten von Funken an der Winde, die das Drahtseil eines Fesselballons trägt, auch bei heiterem Himmel, erklärt sich von selbst aus dem elektrischen Felde der Erde, ebenso die ungemene Gefahr, der ein solcher, mit der Erde leitend verbundener Ballon während eines Gewitters ausgesetzt ist.“

5. Technik und mechanische Praxis.

Neue Methoden zur technischen Wasserstoffherstellung. Als Ergänzung zu dem im 5. Heft d. Zeitschr., S. 306-307, beschriebenen Verfahren von Bergius zur technischen Herstellung reinen hochkomprimierten Wasserstoffs seien hier noch einige weitere neue Verfahren beschrieben:

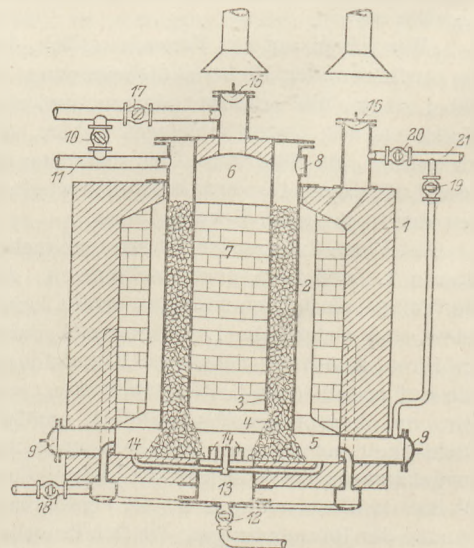
Die bekannte Gewinnungsmethode von Wasserstoff durch abwechselnde Oxydation und Reduktion von Eisen mittels Wasserdampfes und reduzierender Gase hat durch Anton Messerschmitt, Stolberg, Rhenania verschiedene Verbesserungen erfahren:

Als Träger für den Eisenschwamm verwendet er ein kompaktes Eisen, das nur oberflächlich an der Reaktion teilnimmt, die Wärme jedoch (als guter Wärmeleiter) gleichmäßig durch die ganze Masse verbreitet und so die Gefahr eines Zusammenschmelzens bedeutend verringert. Tritt ein solches dennoch teilweise ein, so bleiben an allen Stellen, an denen kompaktes Eisen vorhanden ist, Kanäle für den Gasdurchgang frei. Auch läßt sich bei völligem Zusammenschmelzen die Masse gut aus der Apparatur entfernen, da sie durch das Gerüst von kompaktem Eisen zusammengehalten wird.

Nach dem D.R.P. 263390 desselben Erfinders sind eine Anzahl eiserner Rohrstützen in einem mit Gasableitung versehenen Eisenkasten angeordnet. An diesen Rohrstützen sind auswechselbare Kontaktrohre durch einfaches Überschieben angeschlossen, wobei die Abdichtung durch eine Sandschicht erfolgt. Das ganze System steht zur Beheizung in

einem Generatorschacht. Zur Wasserstoffherstellung wird abwechselnd Dampf und reduzierendes Gas eingeleitet, wobei sowohl die innere als auch die äußere Oberfläche der Kontaktrohre mit den Gasen in Berührung kommt. Hierbei ist die Möglichkeit einer Verstopfung wegen Verwendung der Eisenrohre als Kontaktkörper ausgeschlossen, im Gegensatz zu Eisenspänen und Eisenschwamm.

Eine weitere Verbesserung wurde durch das D.R.P. 267594 erzielt (s. Fig.).



Die Reaktionsmasse wird hiernach in den verhältnismäßig schmalen Zersetzerraum 4 gefüllt, der durch die ringförmigen Zwischenräume der konzentrisch angeordneten Zylinder

2 und 3 gebildet wird. Die beiden Ofenräume stehen durch den ringförmigen Zersetzerraum miteinander in Verbindung. Der zentrale Überhitzerraum 6 wird am Anfang des Prozesses bei geöffneter Klappe 15 und geschlossenen Ventilen 10, 12, 18 und Klappe 16 angeblasen. Hierauf wird durch das Ventil 20 Dampf in den unteren Teil des äußeren Überhitzers 5 eingelassen, wobei die Klappe 15 geschlossen und 16 geöffnet sein muß. Sobald der Dampf alle Fremdgase verdrängt hat, wird er in den äußeren Überhitzer geführt und von unten in den Zersetzer 4 geleitet. Durch Ventil 12 entweicht der entwickelte Wasserstoff in die Vorlage. Erhitzt man von zwei Seiten, so wird die Gewinnung großer Wasserstoffmengen in einem Zersetzer ermöglicht. — Schließlich wurde dann der Apparat noch so abgeändert, daß der ringförmige Zersetzungsraum von außen durch die Schachtmauer begrenzt wird und mit dem von ihm eingeschlossenen Heizraum unmittelbar in Verbindung steht¹⁾.

Anton Albrecht, Hangelsberg, benutzt zur Zerlegung von Wasserdampf-Preßsteine aus einem Gemenge von Eisenoxyden und Oxyden oder Carbonaten der Erden, welche mit Wasser keine Hydroxyde bilden (z. B. Magnesium, Barium, Strontium, Aluminium).

Die Bamag bedient sich aus feuerfestem Material hergestellter zylindrischer Apparate zur Erzeugung von Wasserstoff aus Wasserdampf und Eisenerzen. Durch Zerlegung des Reaktionsraumes in einzelne Schächte erzielt man eine gleichmäßige Einwirkung der Reduktionsgase und des Wasserdampfes auf die Füllung.

Dr. R. P. Pictet, Berlin-Wilmersdorf, gewinnt Wasserstoff und als Nebenprodukt Ruß durch Zersetzung von Acetylen. Die Zersetzung erfolgt in einem röhrenartigen, von außen heizbaren und an einem Teile kühlbaren Röhrenkörper bei etwa 500°. Ist die Reaktion einmal eingeleitet, so wird der Prozeß durch die Dissoziationswärme des Acetylen aufrechterhalten. Auch aus Petroleum stellt Pictet Wasserstoff her, indem er dessen

Dämpfe durch ein auf 1350° erhitztes Rohr leitet, wobei das Methan zerlegt wird. Der entweichende Wasserstoff wird unter starker Kühlung filtriert und nach dem Gasometer abgeleitet.

Jaubert hat eine neue Apparatur zur Herstellung von Wasserstoff aus Silicium und Alkali konstruiert. Ätznatron wird in einem Rührkessel zu einer 30–40° starken Lauge gelöst und diese Lauge dann bei 60–80° in den Entwicklungsbehälter geleitet. Hier fällt durch einen Trichter in die Lauge gepulvertes Silicium, das durch einen Planetenrührer innig verrührt wird, wobei sich sofort Wasserstoff entwickelt. Vorteilhaft ist es, dem Silicium, Aluminium oder deren Legierungen mit Eisen oder Mangan eine emulgierende Substanz, wie Paraffin oder nicht zu verseifendes Fett, zuzusetzen.

Uyeno gewinnt Wasserstoff durch Zerlegung des Wassers mit Aluminium-Zink- und Zinn-Legierungen. Die Legierung besteht aus 80 Teilen Aluminium, 14 Teilen Zink und 6 Teilen Zinn. Außerdem wird durch schwaches Erhitzen von Quecksilber mit Zinn oder Zink ein Amalgam hergestellt, das auf die Ober- oder Unterseite der Legierung mit einer Stahlbürste verrieben wird. Auf einen Teil der Legierung werden 0,12 bis 0,2 Teile Quecksilber in Form des Amalgams genommen. Zur Erzeugung von Wasserstoff gibt man ein Stück, etwa 2–5 Proz. vom Gemisch des Wassers, in heißes Wasser. 1 g erzeugt 1200–1300 ccm Wasserstoff.

Die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron hat das bekannte Wasserstoff-Gewinnungsverfahren durch Umsetzung des in wasserstoffhaltigen Gasgemischen enthaltenen Kohlenoxyds mit Wasserdampf und Kalk dadurch verbessert, daß sie stückigen Ätzkalk anwendet und den Prozeß in vertikalen Retorten oder Türmen ausführt.

Zum Schluß ist noch ein Wasserstoff-Gewinnungsverfahren der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen, A.-G. Filiale München, zu erwähnen, die Wasserstoff aus wasserstoffhaltigen Gasgemischen durch starke Abkühlung unter Druck erzeugt.

Otto Bürger.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Moderne Naturphilosophie. Von Wilhelm Ostwald. 1. Die Ordnungswissenschaften. 410 S. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1914. M 12,—, geb. M 13,20.

Es liegt hier der 1. Band einer völligen Umarbeitung der seit 1902 in mehreren Auf-

lagen erschienenen „Vorlesungen über Naturphilosophie“ vor. Unter dem Namen Ordnungswissenschaften begreift der Verfasser die Logik und Mathematik einschließlich der

¹⁾ Zeitschr. f. angew. Chemie 27 (36 : 254 55).

Lehren von Raum und Zeit, oder „mit anderen Worten sämtliche Wissenschaften, welche außerhalb des Energiebegriffs und ohne den Gebrauch dieses Denkmittels gewonnen sind“. Es soll damit eine Fundamentierung für das geschaffen werden, was der Verfasser als Energetik, dies Wort im weitesten Sinne genommen, bezeichnet. Kennzeichnend für das Buch ist ein Abrücken von den Fragestellungen und Ergebnissen der Philosophie Kants und andererseits ein enger Anschluß an den Relativismus Ernst Machs. Das Buch ist in eine Reihe von Vorlesungen gegliedert, in denen die Erfahrung, die Sprache, die elementaren Begriffe, Bildung der Begriffe, zeitliche und Raumsinne, dann speziell die Logik als Gruppenlehre, die Reihen, die Zahlen, die Algebra, die Größen und ihre Messung, der Raum und die Zeit behandelt werden. Es ist nicht unsere Sache, auf Einzelheiten in diesen Darlegungen kritisch einzugehen. Der Verfasser selbst erblickt in ihnen eine notwendige Vorarbeit für das „fundamentale Problem der gesamten Wissenschaftslehre“, die Aufstellung einer systematischen Tabelle der elementaren Begriffe. Der zweite Teil des Werks soll die energetischen, der dritte die biologischen Wissenschaften behandeln.

P.

Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. Herausgegeben von Paul Hinneberg. III. Teil, 3. Abteilung, 1. Band: Physik, unter Redaktion von E. Warburg. 762 S. Mit 106 Abbildungen. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1915. M 22,—, geb. M 24,—.

Der vorliegende Band ist ein glänzender Beweis für die Richtigkeit des dem gesamten Unternehmen zugrunde liegenden Gedankens, den gegenwärtigen Stand aller Wissensgebiete von den führenden Männern dieser Gebiete selbst darstellen zu lassen. Für die Physik ist dadurch ein Werk entstanden, das monumental genannt werden muß, und obwohl es sich an das ganze akademisch gebildete Publikum wendet, doch in erster Reihe die Physiker selbst aufs lebhafteste interessieren wird. Die Mechanik im Rahmen der allgemeinen Physik hat Wiechert bearbeitet, die Akustik Auerbach, die Wärmelehre Warburg, Holborn, Henning, Jaeger, Rubens, W. Wien, Dorn, Einstein; die Elektrizitätslehre Richarz, Lecher, Lorentz, Gans, Gumlich, Braun, M. Wien, Starke, Kaufmann, Gehrcke und Reichenheim, Elster und Geitel,

St. Meyer und von Schweidler, die Lehre vom Licht Wiener, Lummer, Exner. Gehrcke, Zeeman, schließlich allgemeine Gesetze und Gesichtspunkte Warburg, Hasenöhrl, Planck, Einstein, Voigt. Die Abhandlungen selbst sind teils übersichtliche Zusammenfassungen von Forschungsergebnissen, teils lichtvolle Auseinandersetzungen über Prinzipienfragen, von letzteren sei besonders die Abhandlung über phänomenologische und atomistische Betrachtungsweise namhaft gemacht, die auf dem Grenzgebiet von physikalischer Forschung und philosophischer Methodenlehre liegt. Noch allgemeiner unterrichtet über die hier einschlägigen Fragen die umfangreiche Abhandlung von Wiechert, die den Gang der Entwicklung der Mechanik bis zu den jüngsten Phasen der Relativitätstheorie darstellt und bis zu den letzten Problemen bezüglich der Grenzen des Naturerkennens hinführt. Diese wieder findet ihre Ergänzung in Einsteins kurzgefaßter Darstellung der Relativitätstheorie und in Plancks Ausführungen über das Prinzip der kleinsten Wirkung und das Verhältnis der Theorien zueinander. Damit sind nur einige Gegenstände aus dem Inhalt des Bandes herausgegriffen. Jeder, der seine physikalischen Kenntnisse erweitern und vertiefen will, wird in dem Buche Genuß und reiche Belehrung finden.

P.

Lehrbuch der praktischen Physik. Von Friedrich Kohlrausch. 12. stark vermehrte Auflage. In Gemeinschaft mit H. Geiger, E. Grün-eisen, L. Holborn, W. Jaeger, E. Orlich, K. Scheel, O. Schönrock herausgegeben von E. Warburg. Mit 389 Figuren im Text. 742 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1914. Geb. M 11,—.

Diese erste Ausgabe, die nach dem Tode des hochverdienten Verfassers erscheint, hat in der gesamten Anlage so wenig Änderung wie möglich erfahren. Die Fortschritte der physikalischen Meßkunst wurden, wie es die Namen der Herausgeber erwarten lassen, gebührend berücksichtigt. An vielen Stellen sind teils Kürzungen, teils Ergänzungen vorgenommen worden. Die beigegefügteten Tabellen, 54 an der Zahl, bieten dem, der kein größeres Nachschlagewerk zur Hand hat, ein bequemes Hilfsmittel zum Aufsuchen physikalischer Konstanten. Das in jedem Betracht klassische Buch wird namentlich da, wo Schülerübungen betrieben werden, als wissenschaftlicher Berater nicht fehlen dürfen.

P.

Das Foucaultsche Pendel und die Theorie der relativen Bewegung. Von A. Denizot. 76 S. mit 19 Fig. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1913. M 3,—.

Der Verfasser nimmt mit dem vorliegenden Buch Untersuchungen wieder auf, die er vor zehn Jahren zuerst in den Berichten der Krakauer Akademie und dann in den Annalen der Physik (Bd. 18, S. 299) veröffentlicht hat. Er behandelt zunächst die allgemeine Theorie der relativen Bewegung und wendet diese dann auf die Bewegung eines Körpers an der Oberfläche der rotierenden Erde an. Die erneute sorgfältige Behandlung dieser Probleme rechtfertigt er durch einen Widerspruch, in den er sich gegenüber der sonst üblichen Darstellungsweise versetzt sieht. Bei dieser Darstellungsweise beruht die Ableitung nämlich wesentlich darauf, daß das Quadrat der Winkelgeschwindigkeit ω vernachlässigt wird. Der Verfasser hält dies für unberechtigt und glaubt, daß hierdurch fehlerhafte Ergebnisse entstehen müssen. Die klassische Darstellung wird von dem Verfasser in der Form angezogen, wie sie sich in Kirchhoffs Mechanik auf S. 93 findet. Kirchhoff gibt hier zunächst die Gleichung

$$x \frac{d^2 y}{dt^2} - y \frac{d^2 x}{dt^2} = 2 \omega \sin \psi \left(x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt} \right),$$

in der ψ die geographische Breite und x, y die rechtwinkligen Koordinaten des pendelnden Körpers bedeuten. Hierbei ist angenommen, die Schwingungen seien so klein, daß der Körper in einer horizontalen Ebene bleibt. Gegen diese Gleichung wendet sich nun der Verfasser, indem er sagt, daß, wenn ω als unendlich klein vorausgesetzt wird, die linke und die rechte Seite dieser Gleichung von verschiedener Größenordnung sind. Der Einwand ist aber meines Erachtens nicht berechtigt, denn schreibt man die Gleichung in Polarkoordinaten r, θ , so wird sie

$$\frac{dt}{dt} \left(r^2 \frac{d\theta}{dt} \right) = \omega \sin \psi \frac{d(r^2)}{dt},$$

und man erkennt deutlich, daß es genügt, wenn $\frac{d\theta}{dt}$ (die Geschwindigkeit der Pendeldrehung) und ω (die Geschwindigkeit der Erdbewegung) von gleicher Größenordnung sind, was offenbar angenommen werden kann. Die Gleichungen, von denen der Verfasser ausgeht (S. 62):

$$\begin{aligned} \ddot{\xi} &= -g \cos \psi + \omega^2 \xi + 2\omega \dot{\eta} + 2\lambda \dot{\xi}, \\ \ddot{\eta} &= \omega^2 \eta - 2\omega \dot{\xi} + 2\lambda \dot{\eta}, \\ \ddot{\zeta} &= -g \sin \psi + 2\lambda \dot{\zeta} \end{aligned}$$

unterscheiden sich von den sonst üblichen Gleichungen durch die Zusatzglieder $\omega^2 \xi$ und $\omega^2 \eta$, welche die Zentrifugalkraft betreffen. Dies bedeutet, daß auf die Veränderung der Schwerkraft, mit der die an der Oberfläche der rotierenden Erde wirksame Kraft gemeint sein muß, von einer Stelle der von dem betrachteten Punkte durchlaufenen Bahn zur anderen Rücksicht genommen wird, unter der Voraussetzung, daß diese Veränderung allein von der Änderung der Zentrifugalkraft herrührt.

H. E. Timerding-Braunschweig.

Grundlinien der Chemie für Oberrealschulen.

Von J. Rippel. I. Teil: Anorganische Chemie. 3. Aufl. Wien, F. Deuticke, 1914. 268 S. K 3,40, geb. 3,80.

Das Buch ist in dieser Zeitschrift (XIX, 383) bereits eingehend besprochen worden. Wie sich der Verfasser zu den dort gemachten kritischen Bemängelungen stellt, ist nicht angegeben. Dies soll jedoch kein Vorwurf für den Verfasser sein, denn nach einer in Österreich noch immer geltenden Bestimmung enthalten Lehrbücher keine Vorworte, so daß z. B. auch das wichtige Datum des ersten Erscheinens eines Buches (hier 1905) nicht zu sehen ist. Man kann gespannt sein, wann diese, die Verständigung zwischen Autorschaft und Kritik lahmlegende Bestimmung endlich einmal aufgehoben werden wird. Im übrigen muß auf die frühere Besprechung des Buches, das mancherlei Vorzüge aufweist, verwiesen werden. O.

Die Schule der Chemie. Erste Einführung in die Chemie für Jedermann. Von W. Ostwald. 3. verb. Aufl. Mit 74 Abb. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1914. 450 S. Geb. M 5,50.

Das Buch wurde an dieser Stelle bereits früher eingehend gewürdigt. Es ist erfreulich, daß durch die Preisermäßigung die frische Darstellung jetzt weiteren Kreisen zugänglich gemacht ist und so immer mehr gediegene chemische Kenntnisse vermittelt werden. Da das Buch gerade den Anfänger vielfach zu chemischen Versuchen anregen wird, wäre es zweckmäßig gewesen, die erste Entwicklung des Sauerstoffs (S. 50) nicht mit dem etwas tückischen Kaliumchlorat vorzunehmen, sondern lieber die ganz gefahrlose Darstellung aus Kaliumpermanganat zu benutzen. Überhaupt ließe sich an verschiedenen Stellen noch größeres Gewicht auf die Unfallverhütung legen. Vor dem bloßen Verglimmen aufgehäuften Eisenpulvers (S. 47) hat die Hof-

mannsche Verbrennung am Hufeisenmagneten entschiedene methodische Vorzüge. Das Buch ist berufen, noch viel Gutes zu wirken.

O. Ohmann.

Chemisches Experimentierbuch. Zweiter Teil.

Von Prof. Dr. K. Scheid. Prof. Dr. Bastian Schmid's Naturwissenschaftliche Schülerbibliothek Bd. 15. Mit 51 Abb. 207 S. Geb. M 3,—.

Dem in dieser Zeitschrift bereits besprochenen „Experimentierbuch“ ist jetzt ein zweiter, für reifere Schüler bestimmter Teil gefolgt. Er ist in gleicher Weise wie der erste als eine nutzbringende Arbeit zu bezeichnen und wird strebsamen Schülern der oberen Klassen ein sicherer Wegweiser und Helfer beim häuslichen Experimentieren sein. Auf die Verhütung von Unfällen — ein wichtiger Punkt in solchen Versuchsanweisungen — ist, soweit sich erkennen läßt, ausreichend Rücksicht genommen. Die Figur auf S. 42, betreffend die Gewinnung von Wasserstoff durch Überleiten von Wasserdampf über erhitztes Eisenpulver, könnte verbessert werden; um die Gefährdung des Glasgefäßes durch zurückfließendes Kondenswasser zu vermeiden, ist nur nötig, das Probierglas wagerecht oder sogar um ein paar Grad vornüber geneigt einzuspannen. Der Versuch ist übrigens hier verknüpft mit dem Versuch des Referenten, Wasserstoff in einem durch eine Sperrflüssigkeit abgeschlossenen Raume bis zum Verlöschen brennen zu lassen; diese Verknüpfung ist nicht gerade empfehlenswert; die ungleichmäßige Entwicklung des Gases mittels Eisenpulver eignet sich viel weniger zu dem genannten Versuch als die ruhige Entwicklung aus einer Säure. Das Buch ist angelegentlich zu empfehlen.

O.

Technische Chemie für Maschinenbauschulen.

Ein Lehr- und Hilfsbuch für Maschinen- und Elektrotechniker sowie für den Unterricht an höheren und niederen Maschinenbauschulen und verwandten technischen Lehranstalten. Von Prof. Dr. S. J a k o b i. Mit 101 Textfiguren. Berlin, J. Springer, 1913. 167 S. Geb. M 3,60.

Nach einem Ministerialerlaß (IV, 8942, 1910), betreffend die Organisation der Kgl. Preuß. Maschinenbauschulen, soll die Chemie in diesen Anstalten ausschließlich in ihrer Bedeutung für den Maschinenbau und die Elektrotechnik behandelt, also eine Betriebschemie unterrichtet werden. Demgemäß sind im vorliegenden Buche nach einer längeren Einführung die technischen Anwendungen der Chemie die Hauptsache. Es werden die Brennstoffe, die Fette, Öle und Harze, die

Kesselspeisewasserreinigung, die nichtmetallischen Gebrauchsmaterialien (Glas, Ton usw.) sowie die metallischen und in Anknüpfung daran der Löt- und Schweißprozeß u. a. behandelt. In der genannten Einführung ist nicht zu billigen, daß bereits auf S. 2 der elektrolytische Versuch mit dem „leitend gemachten Wasser“ auftritt, auch daß die Betrachtung über Moleküle und Atome schon so frühzeitig einsetzt (S. 5); ebenso ist die einem anderen angeführten Buche entnommene Figur 15 (Gewichtsvermehrung beim Brennen einer Kerze) nicht zu brauchen, da auch ohne das Brennen sofortige Gewichtsvermehrung eintritt. Es könnten in dieser Einführung überhaupt verschiedene Gesichtspunkte neuerer chemischer Methodik berücksichtigt worden sein. Doch das sind teils untergeordnete, teils abstellbare Dinge. Sonst hat das Buch gegenüber den bisher in dieser Zeitschrift besprochenen ähnlichen Leitfäden entschiedene Vorzüge. Diese betreffen sowohl die klare und anschauliche Behandlung des Stoffes sowie die größere Gründlichkeit und die vornehme Ausstattung. Das Buch wird gewiß in den beteiligten Kreisen gebührende Anerkennung finden.

O. Ohmann.

Stoffwechsel und Energiewechsel des Menschen.

Von Alexander Lipschütz. Mit einem Vorwort von Max Verworn. Mit 17 Abbild. Ordentliche Veröffentlichung der „Pädagogischen Literatur-Gesellschaft Neue Bahnen“. Leipzig, R. Voigtländer, 1914. 189 S. M 2,—, geb. M 2,60.

Das Buch wendet sich vornehmlich an die Lehrer der naturwissenschaftlichen Fächer, denen M. Verworn in seinem Vorwort mit Recht eine besonders wichtige Rolle zuweist, wenn es gilt, die Kluft, welche sich zwischen dem Leben und seinen praktischen Bedürfnissen einerseits und der rein wissenschaftliche Ziele verfolgenden Spezialforschung andererseits auftut, zu überbrücken. Es wird ein ausgezeichnetes Bild von dem jetzigen Stande der physiologischen Forschung geboten und die wichtigen Arbeiten von Abderhalden, Rubner, Zuntz u. a. finden volle Berücksichtigung. Im Allgemeinen Teil wird der Stoffwechsel und Energiewechsel der lebendigen Substanz, im Speziellen Teil der Stoff- und Energiewechsel des Menschen, besonders noch unter dem Einfluß von Reizen und im Wachstum, behandelt. Für den biologischen Unterricht der Oberklassen — der allerdings noch der allgemeinen Anerkennung bzw. Einführung harret — ist der behandelte Stoff besonders wertvoll und darf zumal in

dieser Kriegszeit auf ein erhöhtes Interesse rechnen. Aber auch der in Physik und Chemie Unterrichtende wird durch das Buch,

das auch ein reichhaltiges exaktes Zahlenmaterial beibringt, mannigfaltige Anregungen erhalten.
O. Ohmann.

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 30. Januar 1914. Die von dem Ausschuß für Einheiten und Formelzeichen (AEF) vorgeschlagenen physikalischen Zeichen sowie die Frage nach dem Beitritt des Vereins zum AEF wurde einer Besprechung unterzogen. — Herr HEYNE demonstrierte einige in der Werkstatt des Falk-Realgymnasiums gebaute Apparate.

Sitzung am 27. Februar 1914. Über die beiden Listen A und B des Ausschusses für Einheiten und Formelzeichen wurde noch einmal eingehend verhandelt; bei verschiedenen Zeichen wurden Abänderungsvorschläge gemacht. Ein Antrag, daß der Verein dem AEF beitreten solle, wurde abgelehnt.

Sitzung am 13. März 1914. Herr VOLKMANN zeigte einen tragbaren Experimentierwiderstand als Ersatz für eine Schalttafel, ferner einen Stecker mit 5 Steckdosen und eine kleine Bogenlampe für hohe Spannung und großen Beruhigungswiderstand. — Derselbe demonstrierte einige Apparate aus der Mechanik: ein Flaschenzugbrett mit Aluminiumrollen, Diagrammtafeln für Flaschenzüge und Kräftezerlegung, einen Kasten für Pendelversuche, eine Vorrichtung, um beim Pendel den Luftwiderstand zu zeigen, einen Kasten für Hebelversuche, eine Einrichtung für Versuche über das Parallelogramm der Kräfte, Rollen und Pendel, einen kleinen Universalapparat für Mechanik.

Sitzung am 15. Mai 1914. Herr HEYNE gab einen Überblick über die Veranstaltungen der Stadt Berlin zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts während des S.-S. 1914. — Herr GRÜNDLER sprach über einen von Herrn Volkmann in der letzten Sitzung gezeigten Versuch mit zwei gekuppelten, in Lissajouschen Figuren schwingenden Pendeln und gab eine Erklärung für die hierbei auftretenden Erscheinungen. Daran schloß sich eine lebhafte Diskussion. — Herr HAHN sprach über die besonderen Veranstaltungen der staatlichen Kurse während des S.-S. 1914. — Herr HEYNE berichtete über eine ihm von dem Vorsitzenden des AEF gemachte Mit-

teilung, nach der die Zeichen der Liste A nicht mehr abgeändert werden könnten. — Herr VOLKMANN zeigte einen kleinen Ringelektromagneten, der mit 6 Watt 100 kg trägt.

Sitzung am 19. Juni 1914. Herr HAUSCHULZ zeigte zwei Apparate zur Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten bei Schülerübungen. (Diese Zeitschr. XXVII, 289.) — Derselbe zeigte ferner einige Versuche aus der Mechanik: 1. eine zugleich mit einer Schiebetafel zu bewegende Schiene zur Demonstration des Parallelogramms der Wege; 2. eine Einrichtung an der Fallmaschine, um Kraft = Masse \times Beschleunigung abzuleiten; 3. Anwendung der Bahrdtschen Fallschirme zur Bestimmung des Luftwiderstandes. — Derselbe sprach über die Theorie des Segels, über den auf die Tragfläche von Flugzeugen wirkenden Winddruck und die Berechnung des Gewichts der Flugzeuge nach Eiffel.

Sitzung am 30. Oktober 1914. Herr HEYNE hielt einen Nachruf auf die verstorbenen Mitglieder, die Herren Szymanski, Freese, Girod, Bremiker und Regel. Die Anwesenden ehren das Andenken der Verstorbenen durch Erheben von den Sitzen. — Herr HAHN berichtete über die neuengerichtete Zentralstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht (diese Zeitschrift XXVII, 366) und fordert auf, sich mit Mitteilungen und Anfragen an die Zentralstelle zu wenden. Es folgte eine Erörterung, in der auf die Bedeutung der neuen Einrichtung und auf die Wichtigkeit eines Normalverzeichnisses physikalischer Unterrichtsapparate hingewiesen wurde. — Herr VOLKMANN sprach über Versuche mit ungewöhnlich starken thermoelektrischen Strömen (diese Zeitschr. XXVIII, 25).

Sitzung am 13. November 1914. Herr VOLKMANN sprach über das Verhältnis der geometrischen Optik zum physikalischen Schulunterricht. Er gab zunächst einige geschichtliche Gesichtspunkte und ging näher auf die Abbesche Theorie ein. Diese sei auch mehr als bisher in der Schule zur Geltung zu bringen, da die Kenntnis der optischen Instrumente für das Leben von großer Bedeutung sei. Der Vortragende gab dann einen Abriss des in seinem Buche „Praxis der Linsen-

optik“ durchgeführten Lehrgangs und zeigte, wie in zwei Kursen (1. Zusammensetzung der optischen Instrumente, 2. Verbesserung der durch Linsen erzeugten Bilder) auf experimenteller Grundlage alle wichtigsten Erscheinungen der geometrischen Optik sich entwickeln lassen.

Schk.

Die Festsetzungen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen (AEF).

Vor mehreren Jahren ist von einer Reihe wissenschaftlicher und technischer Vereinigungen ein Ausschuß (AEF) eingesetzt worden, dem die Aufgabe gestellt war, einheitliche Benennungen, Bezeichnungen und Begriffsbestimmungen für wissenschaftliche und technische Einheiten und sonstige in Formeln vorkommende Größen festzusetzen, sowie die Zahlenwerte wichtiger Konstanten aufzustellen.

Die wichtigsten bis zum Schluß des Jahres 1914 von dem AEF gefaßten Beschlüsse sind in folgenden Sätzen und Tabellen zusammengestellt:

Satz I. Der Wert des mechanischen Wärmeäquivalents.

1. Der Arbeitswert der 15^o-Grammkalorie ist 4,189 · 10⁷ Erg.
2. Der Arbeitswert der mittleren (0^o bis 100^o)-Kalorie ist dem Arbeitswert der 15^o-Kalorie als gleich zu erachten.
3. Der Zahlenwert der Gaskonstante ist:
 $R = 8,316 \cdot 10^7$, wenn als Einheit der Arbeit das Erg gewählt wird; $R = 1,985$, wenn als Einheit der Arbeit die Grammkalorie gewählt wird.
4. Das Wärmeäquivalent des internationalen Joule ist 0,23865 15^o-Grammkalorie.
5. Der Arbeitswert der 15^o-Grammkalorie ist 0,4272 kgm, wenn die Schwerkraft bei 45^o Breite und an der Meeresoberfläche zugrunde gelegt wird.

Satz II. Leitfähigkeit und Leitwert.

Das Reziproke des Widerstandes heißt Leitwert, seine Einheit im praktischen elektromagnetischen Maßsystem Siemens; das Zeichen für diese Einheit ist *S*.

Das Reziproke des spezifischen Widerstandes heißt Leitfähigkeit oder spezifischer Leitwert.

Satz III. Temperaturbezeichnungen.

1. Wo immer angängig, namentlich in Formeln, soll die absolute Temperatur, die mit *T* zu bezeichnen ist, benutzt werden.

2. Für alle praktischen und viele wissenschaftlichen Zwecke, bei denen an der gewöhnlichen Celsiusskala festgehalten wird, soll empfohlen werden, lateinisch *t* zu verwenden, sofern eine Verwechslung mit dem Zeitzeichen *t* ausgeschlossen ist.

Wenn gleichzeitig Celsiustemperaturen und Zeiten vorkommen, so soll für das Temperaturzeichen das griechische ϑ verwendet werden.

Satz IV. Die Einheit der Leistung.

Die technische Einheit der Leistung heißt Kilowatt. Sie ist praktisch gleich 102 Kilogrammster in der Sekunde und entspricht der absoluten Leistung 10¹⁰ Erg in der Sekunde. Einheitsbezeichnung *kW*.

Formelzeichen.

1 Länge	<i>l</i>
2 Masse	<i>m</i>
3 Zeit	<i>t</i>
4 Halbmesser	<i>r</i>
5 Durchmesser	<i>d</i>
6 Wellenlänge	λ
7 Fläche	<i>F</i>
8 Körperinhalt, Volumen	<i>V</i>
9 Winkel, Bogen	α, β, \dots
10 Voreilwinkel, Phasenverschiebung	φ
11 Geschwindigkeit	<i>v</i>
12 Winkelgeschwindigkeit	ω
13 Umlaufzahl, Drehzahl (Zahl der Umdrehungen in der Zeiteinheit)	<i>n</i>
14 Schwingungszahl in der Zeiteinheit	<i>n</i>
15 Fallbeschleunigung	<i>g</i>
16 Kraft	<i>P</i>
17 Druck (Druckkraft durch Fläche)	<i>p</i>
18 Elastizitätsmodul	<i>E</i>
19 Arbeit	<i>A</i>
20 Energie	<i>W</i>
21 Moment einer Kraft	<i>M</i>
22 Leistung	<i>N</i>
23 Wirkungsgrad	η
24 Trägheitsmoment	<i>J</i>
25 Zentrifugalmoment	<i>C</i>
26 Schubmodul	<i>G</i>
27 Normalspannung	δ
28 Spezifische Drehung	ϵ
29 Schubspannung	τ
30 Schiebung (Gleitung)	γ
31 Spezifische Querkontraktion $\nu = 1/m$ (<i>m</i> Poissonsche Zahl)	ν
32 Reibungszahl	μ
33 Widerstandszahl für Flüssigkeitsströmung	ζ
34 Temperatur, absolute	<i>T</i>
35 „ vom Eispunkt aus	<i>t</i>

36	Temperatur, vom Eispunkt aus (mit der Zeit zusammentreffend)	θ
37	Wärmemenge	Q
38	Mechanisches Wärmeäquivalent	J
39	Entropie	S
40	Spezifische Wärme	c
41	„ „ bei konstantem Druck	c_p
42	„ „ „ „ Volumen	c_v
43	Wärmeausdehnungskoeffizient	α
44	Verdampfungswärme	r
45	Heizwert	H
46	Brechungsquotient	n
47	Hauptbrennweite	f
48	Lichtstärke	J
49	Magnetisierungsstärke	\mathfrak{S}
50	Stärke des magnetischen Feldes	\mathfrak{H}
51	Magnetische Dichte (Induktion)	\mathfrak{B}
52	Magnetische Durchlässigkeit (Permeabilität)	μ
53	Magnetische Aufnahmefähigkeit (Suszeptibilität)	χ
54	Elektromotorische Kraft	E
55	Stromstärke, elektrische	I
56	Widerstand, elektrischer	R
57	Elektrizitätsmenge	Q
58	Induktivität (Selbstinduktionskoeffizient)	L
59	Elektrische Kapazität	C

Zeichen für Maßeinheiten.

Meter	m	Kilogramm	kg
Kilometer	km	Dezigramm	dg
Dezimeter	dm	Zentigramm	cg
Zentimeter	cm	Milligramm	mg
Millimeter	mm		
Mikron	μ	Stunde	h
		Minute	m
Ar	a	Min. alleinsteh.	min
Hektar	ha	Sekunde	s
Quadratmeter	m ²	Uhrzeit: Zeich. erhöht	
„ kilometer	km ²		
„ dezimeter	dm ²	Celsiusgrad	°
„ zentimeter	cm ²	Kalorie	cal
„ millimeter	mm ²	Kilokalorie	kcal
Liter	l	Ampere	A
Hektoliter	hl	Volt	V
Deziliter	dl	Ohm	Ω
Zentiliter	cl	Siemens	S
Milliliter	ml	Coulomb	C
Kubikmeter	m ³	Joule	J
„ dezimeter	dm ³	Watt	W
„ zentimeter	cm ³	Farad	F
„ millimeter	mm ³	Henry	H
		Milliampere	mA
Tonne	t	Kilowatt	kW
Gramm	g	Megawatt	MW

Mikrofarad	μF	Amperestunde	Ah
Megohm	$M\Omega$	Kilowattstunde	kWh
Kilovoltamp.	kVA		

Was die Liste der Formelzeichen betrifft, so läßt sich nicht verkennen, daß manche von ihnen nicht den Bedürfnissen des Unterrichts entsprechen. Wir werden uns vorbehalten müssen, bei grundsätzlicher Anerkennung der Liste, doch in einzelnen Fällen neben den vorgeschlagenen Zeichen auch andere zu verwenden, soweit dies für den Unterricht erforderlich oder wünschenswert erscheint.

Eine Kommission des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, bestehend aus den Herren Bahrdt (Groß-Lichterfelde), Fischer (Berlin), Grimsehl (Hamburg), Heyne (Berlin), Poske (Berlin), hat kurz vor Ausbruch des Krieges eine Beratung über die Vorschläge des AEF abgehalten und die Ergebnisse dieser Beratung jetzt in den Unterrichtsblättern (1915, Heft 2) veröffentlicht. Die Kommission hat beschlossen, die Formelzeichen des AEF für den Gebrauch im Unterricht und in erster Linie für die Lehrbücher zu empfehlen. Doch soll es gestattet sein, auch andere Zeichen zu verwenden, wenn die vorgeschlagenen nicht ausreichen, oder wenn aus didaktischen Gründen andere Zeichen vorzuziehen sind. Im einzelnen macht die Kommission folgende Vorschläge:

Zu Nr. 1: Neben l sind s und andere kleine lateinische Buchstaben $a, b \dots$ gestattet.
Zu Nr. 3: Neben t darf für die Doppelschwingungsdauer T und für kleine Zeiten τ gebraucht werden.

Zu Nr. 4: Neben r darf ρ gebraucht werden.
Zu Nr. 5: Statt d soll wie bisher $2r$ für den Durchmesser gebraucht werden können.
Zu Nr. 7: Für eine Querschnittsfläche darf, z. B. bei der Berechnung des elektrischen Widerstands eines Drahtes, q beibehalten werden.

Zu Nr. 8: Neben V kann v gebraucht werden.
Zu Nr. 11: Auf das eingebürgerte Zeichen c für konstante Geschwindigkeit, besonders in Formeln wie $v = c + gt$, kann nicht verzichtet werden.

Zu Nr. 12: Ein Teil der Kommission zieht ω dem Buchstaben ω vor.

Zu Nr. 13: Da nach den Vorschlägen des DAMNU n eine positive ganze Zahl bedeutet, so soll neben n auch N verwendet werden dürfen. Dasselbe gilt für Nr. 14.

- Zu Nr. 16: Neben P soll auch K benutzt werden dürfen.
- Zu Nr. 21: Um Verwechslungen zwischen Moment und Masse vorzubeugen, soll D für das Moment einer Kraft zulässig sein.
- Zu Nr. 37: Um die gleiche Bezeichnung Q für Wärmemenge und Elektrizitätsmenge (Nr. 57) zu vermeiden, soll für erstere die Nebenbezeichnung W gebraucht werden.
- Zu Nr. 43: Bei festen Körpern soll α nur den linearen Ausdehnungskoeffizienten bezeichnen.
- Zu Nr. 45: Statt des Wortes Heizwert soll ‚Verbrennungswärme‘ bevorzugt werden.
- Zu Nr. 47: f soll schlechthin die Brennweite bedeuten.

- Zu Nr. 56 soll der Zusatz „bei Gleichstrom“ hinzugefügt werden.
- Zu Nr. 54–56: Von einer Minderheit der Kommission wurde empfohlen, statt L, I, R auch e, i, r zu verwenden.

Außer den vom AEF vorgeschlagenen Zeichen hat die Kommission noch folgende Bezeichnungen zu empfehlen beschlossen:

- Dichte (Masse/Volumen) d
- Bewegungsenergie B .

Darüber, ob die Beschleunigung mit b oder γ bezeichnet werden solle, gingen die Meinungen in der Kommission auseinander.

Äußerungen zu diesen Vorschlägen werden unter der Adresse des Herausgebers d. Zeitschr. erbeten. P.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Präzisions-Demonstrations-Meß-Rheostat.

Von GEBR. RUHSTRAT in Göttingen.

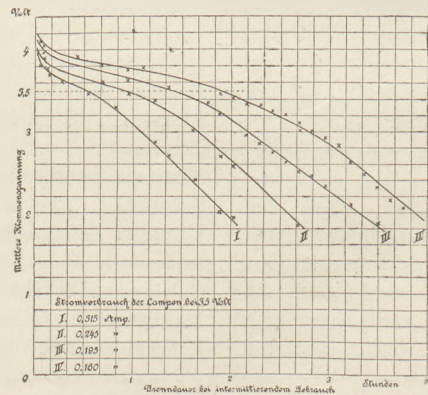
Dieser Präzisions-Demonstrations-Meß-Rheostat kann stets an Stelle eines Stöpsel-Rheostaten verwendet werden, so z. B. zum Messen von unbekanntem Widerständen, zum Bestimmen von Zersetzungsspannungen und von elektromotorischen Kräften von Elementen und Konzentrationsketten, sowie auch als Vergleichswiderstand bei Widerstandsmessungen nach der Brückenmethode. Auch als Vorschalt-Widerstand vor dem Galvanometer zum Verändern des Meßbereiches des Instrumentes eignet sich der Apparat vorzüglich.

Der Widerstand besteht aus 3 Dekaden von Einzel-Rheostaten mit der patentierten, induktions- und kapazitätsfreien Ruhstrat-Kreuzwicklung, die an der Rückseite in vertikalen Reihen übersichtlich angeordnet sind und folgende Ohmwerte besitzen:

I. Dekade:	100	200	300	400	500	600	
		700	800	900	1000	Ohm	
II. Dekade:	10	20	30	40	50	60	
		70	80	90	100	Ohm	
III. Dekade:	1	2	3	4	5	6	
		7	8	9	10	Ohm	

Vermittels eines Schieberwiderstandes kann ein jeder dieser Einzelrheostaten eingeschaltet werden. Die 3 Dekaden können ferner mit Hilfe der auf dem Grundbrett angebrachten isolierten Anschlußklemmen beliebig in Serie oder einzeln benutzt werden.

Die Widerstandsspulen sind offen an der Rückseite montiert, so daß die Schaltung der patentierten Kreuzwicklung bequem demonstriert werden kann. Die Ohmwerte der 3 Dekaden sind auf 3 vertikalen Glasskalen angegeben; diese sind schwarz hinterlegt, und nur die Ziffern von 0–10 sind durchsichtig, so daß dieselben, wenn der Schieber,



an dem eine weiße Scheibe von der Größe der Skalenziffern angebracht ist, auf dem betreffenden Widerstand steht, die entsprechenden Zahlen auf der Vorderseite hell und deutlich erkennbar werden, während die übrigen Zahlen nicht sichtbar sind. Auf der Rückseite des Rheostaten befinden sich gleichfalls 3 Skalen, so daß der Dozent die betreffenden Ohmwerte gleichfalls ablesen kann.

Auf diesen Demonstrations-Rheostat kann eine Demonstrations-Meßbrücke von 500 mm

Länge und 1 Ohm Gesamtwiderstand bequem aufgesetzt werden. Der Meßdraht besitzt Millimeter- und Ohmskala. Auf der vorderen, dem Hörer zugewandten Seite ist außerdem noch eine 100 teilige, weithin sichtbare Skala angebracht, vor welcher ein mit dem Schieber fest verbundener Zeiger bewegt werden kann.

Der Gesamtwiderstand des kompletten Demonstrations-Meß-Rheostaten beträgt also 1111 Ohm.

Da die Spulen abgeglichen und mit der induktions- und kapazitätsfreien Ruhstrat-Kreuzwicklung versehen sind, ist es möglich, sämtliche Ohmwerte von wenigen hundertstel Ohm bis 1111 Ohm genau zu messen und einem großen Auditorium sichtbar zu machen.

In der folgenden Tabelle sind die Stromstärken angegeben, mit welchen die Spulen jeweils belastet werden können.

Der Gefälldrath hält dauernd 2 Ampere aus, ohne Schaden zu nehmen.

	Ohm	Ampere
	1 bis 3	2,5
	4 bis 6	1,2
	7 bis 9	1,0
	10 bis 30	0,8
	40 bis 60	0,7
	70 bis 90	0,5
	100 bis 300	0,4
	400 bis 600	0,3
	700 bis 1000	0,1

Das Gewicht des Rheostaten beträgt 7,3 kg netto, die Größe ist $550 \times 500 \times 200$ mm. Gewicht des Meßdrahtes mit Millimeter — Ohm — und weithin sichtbarer Skala 1,8 kg netto. Größe des Meßdrahtes $560 \times 110 \times 65$ mm.

Preis des Präzisions-Demonstrations-Meß-Rheostaten, Bestellnummer 890 M 100,—.

Preis des Meßdrahtes mit Millimeter-, Ohm- und weithin sichtbarer dritter Skala, Bestellnummer 2605 . M 25,—.

Korrespondenz.

Das Ergebnis des Höfler-Preis Ausschreibens der Verlagsbuchhandlung B. G. Teubner

(d. Zeitschr. 1913, Heft 5).

Die 16 eingesandten Arbeiten sind sowohl von den Berliner als von den Leipziger Mitgliedern des Preisgerichts sorgfältig, unter Zuziehung noch anderer Sachverständiger, geprüft worden. An die Stelle des durch den Krieg verhinderten Direktors Dr. Schülke (Tilsit) war Herr Professor H. Hahn (Berlin) getreten, an die Stelle des Seminardirektors Dr. Pabst der Seminardirektor F. Hildebrand (Leipzig). Nach dem übereinstimmenden Urteil der Preisrichter sind folgenden Bewerbern Preise zuerkannt worden:

Wilhelm Gimm (Eisenach), Preis I für ein Winkelmeßinstrument zum Messen von Winkeln in beliebiger Ebene, Holzarbeit.

Werner Hulde (Berlin), Preis II für einen Sextanten aus Holz.

Karl Thiele (Berlin), Preis III für eine Verbindung von Sextant und Theodolit aus Holz.

W. Nöldchen (Deutsches Landerziehungsheim Schloß Bieberstein), Preis IV für einen Sextanten aus Messing.

Eine weitere Arbeit von Egon Eysen (Dresden), ein geodätischer Theodolit aus Metall, mußte als außer Wettbewerb stehend

erklärt werden, da sie weit über die Grenzen einer bloßen Handfertigkeit hinausging. Es wurde aber für sie in Anbetracht der vortrefflichen Ausführung ein Sonderpreis beantragt und von der Verlagsbuchhandlung bewilligt.

Auch die andern eingesandten Arbeiten stellen zum großen Teil recht anerkennenswerte Leistungen dar. Es befinden sich darunter noch vier Sextanten, sechs Theodolite, ein Diopter mit Teilkreis und ein origineller Apparat zur Messung der Sonnenhöhe.

Die sämtlichen Arbeiten sind in der Ausstellung Schule und Krieg ausgestellt worden, die am 21. März d. J. in dem Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht in Berlin, Potsdamer Straße 120, eröffnet worden ist. Die Arbeiten sollen nach Schluß der Ausstellung den Einsendern zurückgegeben werden, soweit diese nicht einwilligen, sie dem Zentralinstitut zur dauernden Aufstellung zu überlassen.

P.

Von der Königlichen Zentralstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin, Potsdamer Straße Nr. 120, werden anlässlich der Ausstellung „Schule und Krieg“ folgende Vorträge veranstaltet:

Donnerstag, den 15. April: Prof. W. Stahlberg: Krieg und Schule. — Montag, den

19. April: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Lampe: Beziehungen zwischen dem mathematischen Unterricht und dem täglichen Leben, insbesondere den Erscheinungen des Krieges. — Donnerstag, den 22. April: Prof. Dr. R. v. Hanstein: Welche neuen Gesichtspunkte für den biologischen Unterricht ergeben sich aus dem Kriege? — Montag, den 26. April: Prof. Dr.

P. Spies: Krieg und physikalischer Unterricht. — Donnerstag, den 29. April: Prof. Dr. F. Lampe: Der Weltkrieg im erdkundlichen Unterricht. — Montag, den 3. Mai: Oberlehrer Dr. A. Franz: Chemie, Krieg und Schule. — Donnerstag, den 6. Mai: Prof. W. Masche: Wie läßt sich das Verständnis für artilleristische Dinge fördern?

Himmelserscheinungen im April und Mai 1915.

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

	April						Mai					
	2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22	27
♄ { AR	23 ^h 16 ^m	23.44	0.14	0.46	1.20	1.58	2.38	3.20	4. 3	4.43	5.19	5.50
	D — 7 ^o	— 4	— 1	+ 3	+ 7	+ 11	+ 15	+ 19	+ 22	+ 24	+ 25	+ 26
♀ { AR	22 ^h 13 ^m	22.35	22.58	23.20	23.42	0. 4	0.26	0.49	1.11	1.33	1.56	2.19
	D — 12 ^o	— 10	— 8	— 6	— 3	— 1	+ 1	+ 3	+ 6	+ 8	+ 10	+ 12
☉ { AR	0 ^h 43 ^m	1. 1	1.19	1.38	1.57	2.15	2.34	2.53	3.13	3.33	3.53	4.13
	D + 4 ^o 6 ^o	+ 6.5	+ 8.4	+ 10.2	+ 11.9	+ 13.6	+ 15.1	+ 16.6	+ 17.9	+ 19.1	+ 20.2	+ 21.2
♂ { AR	23 ^h 21 ^m	23.35	23.49	0. 3	0.18	0.32	0.46	1. 0	1.14	1.28	1.42	1.57
	D — 5 ^o	— 4	— 2	— 1	+ 1	+ 2	+ 4	+ 5	+ 7	+ 8	+ 10	+ 11
♃ { AR		23. 5		23.14		23.21		23.28		23.35		23.41
	D	— 7		— 6		— 5		— 5		— 4		— 3
♄ { AR	5 ^h 45 ^m						5.56					
	D + 23 ^o						+ 23					
☉ Aufg.	5 ^h 37 ^m	5.25	5.14	5. 3	4.52	4.41	4.31	4.21	4.13	4. 5	3.58	3.51
	Unterg. 18 ^h 32 ^m	18.41	18.49	18.58	19. 7	19.15	19.24	19.32	19.41	19.48	19.56	20. 3
♄ Aufg.	22 ^h 35 ^m	3. 2	4.22	5.33	9.56	16.50	—	2. 7	3. 3	5.32	11.37	18.56
	Unterg. 5 ^h 51 ^m	10.19	16.55	23. 0	2. 6	3.23	5.34	12.15	18.24	23.35	1. 4	2.14
☾ Sternzeit im mittl. Mittg.	0 ^h 38 ^m 51 ^s	0.58.34	1.18.17	1.37.59	1.57.42	2.17.25	2.37. 8	2.56.50	3.16.33	3.36.16	3.55.59	4.15.42
	Zeitgl. + 3 ^m 56 ^s	+ 2.27	+ 1. 4	— 0.12	— 1.18	— 2.14	— 2.59	— 3.29	— 3.45	— 3.46	— 3.33	— 3. 8

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		April 14, 12 ^h 36 ^m Mai 14, 4 ^h 31 ^m	April 22, 16 ^h 39 ^m Mai 22, 5 ^h 50 ^m	April 29, 15 ^h 20 ^m Mai 28, 22 ^h 33 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im April	unsichtbar	morgens 1/2 bis 1/4 Stunde lang sichtbar	unsichtbar	unsichtbar	abends noch 5 3/4 bis 3 Stunden lang sichtbar
im Mai	in der zweiten Monatshälfte abends im NW bis 40 Minuten lang sichtbar	1/4 morgens Stunde lang sichtbar	unsichtbar	morgens für kurze Zeit im O sichtbar, zuletzt 3/4 Stunden lang	wird Ende des Monats unsichtbar

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.