

Zement und Beton im chemischen Unterricht und als Hilfsmittel der Laboratoriumspraxis.

Von

Prof. O. Ohmann in Berlin.

1. Zement und Beton im Unterricht.

Zement und sein Abkömmling Beton haben im großen Weltkriege als Hilfsmittel der Verschanzung im großen wie im kleinen solche Bedeutung erlangt, daß es allein schon aus diesem Grunde notwendig erscheint, ihnen im Unterricht mehr Interesse als bisher zuzuwenden. Indessen sind die großen Fortschritte, die man in den letzten Jahrzehnten sowohl in der Herstellung vorzüglicher Präparate wie auch in der vielseitigen Verwendung derselben gemacht hat, an sich schon ein genügender Grund, um nach der erwähnten Richtung hin etwas mehr zu tun, als bisher üblich war. Und so liegen denn auch die nachstehend mitgeteilten Gedanken und Versuche weiter zurück; der Krieg ist nur der äußere Anlaß zu ihrer Veröffentlichung.

Bereits die Versuche, die sich um den gewöhnlichen Mörtel, das Gemisch aus Calciumhydroxyd, Siliciumdioxid und Wasser, gruppieren: das Brennen des Kalkes, die eigenartige Bildung des Hydroxydes, die Umwandlung desselben in Karbonat, unter Abscheidung von Wasser usw. — Versuche, die sich zumeist auch für die chemischen Schülerübungen vorzüglich eignen — bilden ein besonders reizvolles Kapitel der Chemie. Die Hauptvorgänge kann man praktisch und theoretisch besonders durchsichtig gestalten, wobei man nicht zum mindesten auf den letzten Vorgang Gewicht legen wird, auf die langfristige Abscheidung des Wassers, die Ursache der physikalisch interessanten Kühle in den Neubauten sowie der Gefährlichkeit ungenügend ausgetrockneter Wohnräume, die schon manchem Optimisten die schwersten Gesundheitsschädigungen eingetragen hat. Daß sich aber in den angedeuteten Vorgängen der Wandel des zwischen die Backsteine gebrachten Mörtels — den man kurz den Kalk-Kiesel-Mörtel nennen könnte — nicht erschöpft, sondern daß es sich weiterhin um die partielle Bildung eines Silikates handelt, wird man natürlich auch nicht verschweigen, wenngleich dieser Punkt sich weder experimentell behandeln, noch theoretisch klarstellen läßt, da diese Vorgänge selbst wissenschaftlich noch nicht einwandfrei geklärt sind. Jedenfalls genügt es nicht, zu sagen, daß der Sand nur die Aufgabe habe, die starke Volumverminderung beim Austrocknen zu verhindern. Auch darauf wird man hinweisen, daß das Endprodukt bei etwaiger Unterspülung eines Gebäudes dem Wasser — das ja in seinem Kontakt mit der kohlendioxidhaltigen Atmosphäre immer eine schwache Säure darstellt — weder in mechanischer noch chemischer Hinsicht längere Zeit zu widerstehen vermag.

Dieses alles und vor allem noch die kulturelle Wichtigkeit des Mörtels sicher diesem das Interesse des Schülers. Letzteres erhält aber doch eine beträchtliche Steigerung, wenn in dem Zement ein Mörtel erkannt wird, der in verschiedenen Punkten den geraden Gegensatz zum Kalk-Kiesel-Mörtel bildet. Vermag jener dem Wasser nur wenig zu widerstehen, so ist dieser ein Stoff, der nicht nur unter Wasser

erhärtert, sondern auch im Endprodukt den Wirkungen des spülenden Wassers den größten Widerstand entgegensetzt. Ist jener ein „Luftmörtel“, so ist dieser ein „Wassermörtel“. Treten aus jenem bei dem chemischen Vorgang, der seine Verwendung bedingt, Wassermengen aus — abgesehen von der beträchtlichen Wassermenge, die verdunstet, ohne chemisch in Aktion zu treten, und die man nur zusetzte, um das Gemisch gebrauchsfähig zu machen —, so scheinen hier Wassermengen geradezu einzutreten, wenigstens ist Wasser das Erfordernis zur Erhärtung. Der Schüler will wissen, wie ist das möglich, worauf beruht dieses so stark gegensätzliche Verhalten? Erst durch die Beantwortung dieser Frage wird die ganze Sache, die zwar an sich mitteilenswert ist, aber sonst mehr rein technologisch bleibt, unterrichtlich wertvoll. Hier versagen aber die meisten, auch die umfangreicheren Schullehrbücher.

Zunächst wird es erforderlich sein, auf die Verschiedenheit in der Entstehungsweise der beiden Mörtel aufmerksam zu machen. Was gebrannt wird, ist dort nur das Kalkkarbonat, wodurch sich dasjenige Produkt bildet, das sich mit Wasser abzulösen vermag; hier jedoch wird von vornherein ein Gemenge gebrannt (und zwar bei mäßig hoher Temperatur, nur bis zur Sinterung der ziegelähnlich geformten Massen), im wesentlichen ein Gemenge von demselben Calciumkarbonat und von Ton, d. h. von einem Aluminiumsilikat, wobei aber der gebrannte Kalk die Fähigkeit, sich mit Wasser abzulösen, zum größten Teil verliert, weil sich gleich ein kompliziertes Silikat, ein Calcium-Aluminium-Silikat mit Calciumaluminat, bildet. Wird dies dann zu feinstem Mehl, d. h. zu dem eigentlichen „Zement“, vermahlen — den man als Mörtel „Calciumaluminiumsilikat-Mörtel“ nennen könnte, aber nicht als „Kalk-Ton-Mörtel“ bezeichnen darf —, so sind, wenn es mit Wasser und Sand — den Zusatzmaterialien auch des Luftmörtels — vermischt wird, die Bedingungen von vornherein ganz andere. Es findet kein die ganze Masse so umgestaltender chemischer Prozeß mehr statt, wie es dort der Übergang des Hydroxyds in das Karbonat ist, gekennzeichnet durch die langsame Aufnahme eines Stoffes aus der Umgebung, sondern es handelt sich im wesentlichen nur um die chemische Bindung von Wasser, um die Entstehung eines wasserhaltigen Silikates. Dieses ist dann, wie alle Silikate, in Wasser unlöslich (im gewöhnlichen Sinne). Wenn auch angedeutet werden mag, daß die Vorgänge im ganzen ziemlich komplizierter Natur sind, indem wahrscheinlich auch das hinzugefügte feinere oder gröbere Siliciumdioxid teilweise mit an dem Prozeß teilnimmt, so ist es doch unterrichtlich die Hauptsache, auf diese Wasserbindung, diese Hydratbildung, hinzuweisen. Sie ist ein vollkommen einleuchtendes und auch hinreichendes Erklärungsmoment.

Aus diesem Grunde ist es m. E. wichtig, den Vorgang der Erhärtung des Zement-Sand-Wasser-Gemisches mit dem Vorgange der Erhärtung des Calciumsulfat-Wasser-Gemisches, d. h. mit der Erhärtung des mit Wasser angerührten gebrannten Gipses, in eine gewisse Parallele zu stellen. Wie hier das wohlcharakterisierte $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ entsteht, so bildet sich dort ein bestimmtes wasserhaltiges Calciumaluminiumsilikat. Wie dort nur so viel Wasser aufgenommen wird, daß jene Verbindung entsteht — nämlich $\sim 1\frac{1}{2}$ Mol., da der gebrannte Gips noch $\sim \frac{1}{2}$ Mol. Wasser enthält —, so wird auch hier nur eine bestimmte Menge Wasser chemisch gebunden, und das mit Wasser gesättigte Endprodukt hat nun die Fähigkeit, dem weiteren Wasser großen Widerstand entgegenzusetzen. — Ganz so einfach wie beim Gips liegen ja die Verhältnisse nicht. Zunächst ist der Prozentsatz des eintretenden Wassers ein geringerer; durch zu reichliche Wassermengen bei der Mischung des Breies würde der Zement „ersäuft“ werden. Die vorhandenen bzw. entstehenden Silikatverbindungen sind viel komplizierter, und manche Punkte sind noch nicht befriedigend geklärt. Man hat z. B. geltend gemacht, daß die natürlichen wasserhaltigen Silikate, die Zeolithe, bis zu hohen Temperaturen erhitzt, das Kristallwasser nicht wieder aufnehmen. Doch sind wasserfrei gemachte Zeolithe nicht ohne weiteres mit Zement auf eine Stufe zu stellen,

z. B. ist in ihnen der Kieselsäuregehalt (meist über 50 %) beträchtlich größer als beim Zement (meist nur bis 25 %). Auch hat schon Rammelsberg gezeigt, daß einzelne Zeolithe, bis zu ansehnlichen Temperaturen (300°) erhitzt, ihr Kristallwasser wieder aufzunehmen vermögen. Auf das Für und Wider der aufgestellten Theorien kann indessen hier nicht eingegangen werden. Da es Tatsache bleibt, daß das Wasser eine Bedingung des Erhärtens ist und in den Prozeß mit eingeht, ist es für den Unterricht gerechtfertigt, zu sagen, daß es sich hier um eine chemische Bindung des Wassers ähnlich wie beim Gips handelt.

Bei den natürlichen Zementen, z. B. dem Traß aus dem Brohltale, war die vulkanische Tätigkeit der Ersatz für das Brennen.

Wenige Versuche sind ausreichend, um das Verhalten des Zements kennen zu lernen; sie eignen sich auch gut für die chemischen Schülerübungen. Man verwende zu den Versuchen nur guten Portlandzement.

Versuch 1. (Erhärten von Zement und Wasser allein.) Man stellt aus einer bestimmten Menge Zement (500 g) und so viel Wasser ($\sim \frac{1}{4}$ des Gewichts), daß das Ganze nur knetbar, nicht halbflüssig ist, einen Brei her, den man mittels eines kräftigen Blechlöffels in einer Porzellanschale 1 bis 2 Minuten gehörig durchknetet. Zum Erhärten bringt man diese Masse in einen Porzellanmörser als „Form“, sucht durch schnelles wiederholtes Aufstoßen auf die Unterlage die Masse weiter zu dichten (womit man das in der Technik vielfach geübte maschinelle Erschüttern andeutet), oder übt durch direktes Stampfen oder Pressen (das gleichfalls in der Technik in oft erheblichem Maße angewendet wird) etwa mit einem breiteren Reiber einen Druck auf die ganze Masse aus und überläßt dann diese sich selbst. Die entleerte Porzellanschale ist sofort zu reinigen. — Würde man diesen und den nächsten Versuch in einem ungeschützten Gefäß vornehmen, so wäre dieses verloren; es ist nicht möglich, wie noch zur Not beim Gips, die richtig erstarrte Masse herauszulösen. Man kleide daher zu allen Versuchen mit Zement das Füllgefäß (z. B. Porzellanmörser) mit festerem Papier (Schreibpapier) aus, wobei man das Papier noch um den Rand des Gefäßes fest umwindet (nach Apothekermanier). Eine andere Maßnahme führt ebenfalls zum Ziel: Man bringe in dem Gefäß (z. B. Präparatenglas, im Wasserbad) Paraffin zum Schmelzen und kleide dann durch rotierendes Schwenken die ganze Innenfläche mit einer Schicht dieses Fettes aus, indem man ein Zuviel an Paraffin fortgießt; später bringt man einfach ein solches Gefäß mit dem erstarrten Zement in ein entsprechend zu erhitzendes Wasserbad. — Auch mit Öl (das in der Technik für manche Formen des Zements verwendet wird) kommt man zum Ziele.

Versuch 2. (Erhärten des technischen Gemenges Zement, Sand und Wasser.) Man geht von 1 Raumteil Zement und ~ 3 Raumteilen von gröberem Sand aus, die man für sich gehörig durchmischt, und stellt mit Wasser einen steifen Brei her, den man ebenso wie bei Versuch 1 behandelt.

In beiden Fällen begnügt man sich aber nicht mit der bloßen Beobachtung der erhärteten Masse, sondern zeigt noch, daß aufgeträufeltes Wasser begierig eingesaugt wird. Es empfiehlt sich sogar, die erhärteten Massen für längere Zeit ganz in Wasser zu legen. In der Technik werden die Massen meistens mehrmals mit Wasser begossen; doch unterbleibt dies auch bei manchen Produkten, besonders solchen, die unter hohem Druck hergestellt sind. Versuch 1 zeigt, daß Zement allein die Fähigkeit besitzt, mit Wasser zu einer steinähnlichen Masse zu erhärten. Versuch 2 zeigt, wie der Zement in der Technik angewendet wird; das Resultat beweist, daß auch noch beträchtliche Mengen des billigen Sandes mit verwendet, mit umfaßt werden können. Die Festigkeit des Ganzen wird wahrscheinlich durch vorübergehendes Entstehen von Stoffen in kolloidalem Zustande (Kieselsäure) erhöht. — Die Wasserunlöslichkeit der entstandenen Massen ist der Grund zu den umfangreichen Anwendungen, auf die man näher eingehen wird (s. u.).

Beton ist bekanntlich die Masse, die durch Zusatz von Kieselsteinchen zu Zement und Wasser entsteht. Die Bildung des Betons — das Wort wird man fernerhin lieber ohne Nasallaut aussprechen, wie es auch zum Zeitwort betonieren gut paßt — läßt sich zweckmäßig durch einen einfachen Versuch wenigstens andeuten.

Versuch 3. (Darstellung einer kleinen Menge Betons.) Man mische Zement und groben Kies im Verhältnis von 1 zu 3 oder 4 Raumteilen für sich ordentlich durch und gebe so viel Wasser hinzu, daß ein steifer Brei entsteht. Diesen bringe man, um die Verwendung zu künstlichen Steinplatten anzudeuten, in eine paraffinierte flache Sandbadschale und erschüttere und presse stark. Die herausgenommene, erhärtete Masse lege man für 1 bis 2 Tage in Wasser.

Man wird danach auf die außerordentlich nützlichen Anwendungen dieser wasser-abhaltenden steinähnlichen Massen eingehen, beispielsweise erwähnen, daß solche Zement- bzw. Betonmassen zur Fundamentierung von Häusern auf feuchtem, durch die Schwankungen des Grundwassers gefährdetem Untergrund sowie als Grundschiicht beim Asphaltieren von Straßen, zur Herstellung künstlicher, billiger Steinplatten als Ersatz der kostspielig zu bearbeitenden Granitfliesen usw. in großen Mengen gebraucht werden; ferner, daß nur durch ihre Verwendung die Untertunnelung von Flüssen ermöglicht worden ist; so wird die Berliner Untergrundbahn bei der Unterführung in der Nähe der Station Inselbrücke durch eine $3\frac{1}{2}$ m dicke Betonschicht gegen die Spree geschützt. Sodann wird man nicht verfehlen, auf die Verwendung des Betons im Kriege, zu den einfacheren Feldverschanzungen sowie (unter Hinzunahme von Eisenstäben und Eisengerüsten) zu den mächtigen Panzerplatten der modernen Festungen hinzuweisen, aber noch weniger verfehlen, in Erinnerung zu bringen, daß diese Schutzplatten bei Lüttich, Namur, Kowno usw. den 42 cm-Geschossen unserer Kruppgeschütze — die ja ihrerseits wieder erst in den Boden einbetoniert werden müssen — nicht haben standhalten können.

2. Der Zement als Hilfsmittel der Laboratoriumspraxis.

Der Zement-Wasser-Brei oder der Zement-Sand-Wasser-Brei stellt gleichsam ein halbflüssiges, formbares Gestein dar, das gegenüber dem plastischen Ton und dem Gipsbrei im erstarrten Endprodukt entschiedene Vorteile hat. Man kann dieses Material zu verschiedenerlei Zwecken im Laboratorium verwenden.

1. (Zementblock als Ersatz der Brücke.) Man kann sich ohne Schwierigkeit einen die Brücke der pneumatischen Wanne ersetzenden Steinblock herstellen, der in einer Scharte das Gaszuleitungsrohr aufnimmt. Man nimmt zur Aufnahme des Zementbreies ein Gefäß mit ebenem Boden, z. B. eine Kristallisationschale (von etwa 15 cm Durchm.), oder besser einen niedrigen, breiten Fußzylinder, kleidet es möglichst glatt mit Papier oder Paraffin aus (s. o.), stellt ein 1 cm starkes Brettchen, dessen Breite $\frac{1}{2}$ cm größer als der Radius des Gefäßes ist, und das man ebenfalls mit einer Lage Papier umgibt, auf dem Boden radial auf, spannt es noch in ein Stativ, schüttet dann den durchgerührten Zement- oder Zement-Sand-Brei ein und stellt durch kräftige Pressung:

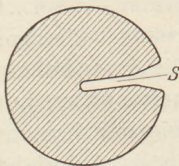


Fig. 1.

eine ebene Oberfläche her. Die Dicke der Schicht braucht nur 3–4 cm zu betragen. Am nächsten Tage oder an den beiden nächsten Tagen füge man noch Wasser hinzu. Es gelingt leicht, die erstarrte Masse aus dem Gefäße zu heben, das Brettchen heraus-

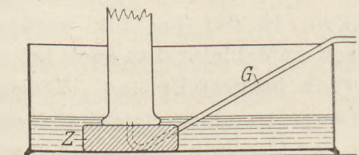


Fig. 2.

zunehmen und das Papier mittels Wasser und Messer zu entfernen. In der so gebildeten Scharte *S* (Fig. 1) hat das Gaszuleitungsrohr *G* (Fig. 2) einen sicheren Halt; es ruht einerseits auf dem Boden der Wanne fest auf, ragt nur wenig über den Block hinaus und liegt andererseits auf dem Rande der Wanne, so daß ein Stativ unnötig wird.

Das Manipulieren mit einem solchen Block hat gegenüber der Brücke mehrere Vorteile: größere Standsicherheit der Fußzylinder, besonders größerer, größere Einfachheit hinsichtlich des Einbringens und Haltens des Gaszuleitungsrohres; auch braucht man in die Wanne, bis der Block bedeckt ist, nicht so viel Wasser einzufüllen, wie dies bei den meist zu hoch angebrachten Brücken nötig ist, so daß also auch mehr Zylinder mit Gas angefüllt werden können, ehe das Wasser der Wanne überzulaufen droht. Wir empfehlen daher einen solchen Block besonders für alle Schülerversuche, bei denen ein Gas aufzufangen ist; es empfiehlt sich auch, die Blöcke in den Schülerübungen selbst herstellen zu lassen.

Ein derartiger, die Brücke ersetzender Block, und zwar von Metall, wurde zuerst von W. LEWIN angegeben und auch von OSTWALD für praktisch befunden. Doch erscheint mir an jenem Block, auf den empfehend hinzuweisen ist, nach den Abbildungen zu urteilen, der Ausschnitt etwas zu groß, so daß die beiden erst-erwähnten Vorteile nicht voll zur Geltung kommen. Neuerdings bringt die Firma P. Gebhardt einen anderen Ersatz der Brücke in den Handel; der kleine Apparat ist von Porzellan, ruht auf drei kurzen Füßen und hat einen Schlauchansatz¹⁾. Er ist in verschiedener Hinsicht recht empfehlenswert, doch scheinen mir bei einem Block, zumal hinsichtlich der Standsicherheit der Zylinder, die Vorteile größer zu sein.

2. (Grundplatte des Apparats für den Magnetversuch des Verfassers.) Für den Apparat zu meinem Magnetversuch (diese Zeitschr. X, 172) verwendete ich bisher eine Holzplatte mit Ausschnitt. Es eignet sich aber auch hierfür recht gut eine Zementplatte von 1½ bis 2 cm Dicke, in der man dieselbe Scharte (oder eine etwas kleinere) wie bei Fig. 1 anbringt. Die Scharte dient zum Durchtritt des Wassers. Sie kann aber auch, ebenso gut wie ein kleinerer Ausschnitt, zur Aufnahme eines Gaszuführungsrohres dienen, das erst weiter oben in der Mitte der Glocke endet, so daß derselbe Apparat nach Herausnahme des Magnetträgers M (in Fig. 3 punktiert angedeutet) auch zu meinem Versuch der Wasserstoffverbrennung im abgeschlossenen Raume (diese Zeitschr. XIII, 334) verwendet werden kann. Das hat gelegentlich seine Vorteile. Dennoch halte ich es für zweckmäßiger, gerade diesen Versuch der so weitgehenden Sauerstoffwegnahme aus der Luft in der pneumatischen Wanne vorzunehmen; er wirkt hier noch überzeugender, da mehr Wasser zur Verfügung steht, auch eignet er sich besser zum Messen. Die seinerzeit von R. LÜPKE angegebene Abänderung meines Magnetversuchapparates, nämlich Einbringen eines ganz niedrigen, sehr weiten Dreifußes, ist nicht empfehlenswert. — Wer sich die obige Zementplatte und den ganzen Apparat selbst herstellen will, dem sei empfohlen, als „Form“ der Platte das unten gut ausgekleidete Gefäß G (Fig. 3) selbst zu benutzen; sonst ist der Magnetversuchapparat durch die Firma P. Altmann auch fertig zu beziehen²⁾.

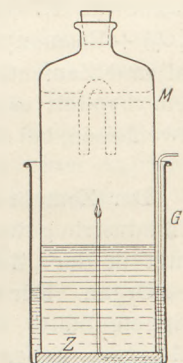


Fig. 3.

3. (Ständer für einzelne Probiergläser.) Oft hat man beim Experimentieren das Bedürfnis, ein einzelnes, irgendwie angefülltes Probierglas aus der Hand zu setzen, ohne erst bis zum entfernter stehenden Reagenzglasständer gehen zu müssen. H. REBENSTORFF hat zu diesem Zweck Holzfüße oder empfehlenswerte kleine Holzklötze mit Drahteinsatz angegeben (vgl. diese Zeitschr. XVIII, 225 bzw. 278, Fig. 2 B)³⁾. In ganz einfacher Weise kann man sich hier einen praktischen Notbehelf schaffen, indem man in eine kleinere Kristallisationschale (6 cm Durchm., 4 cm Höhe) 1 oder 2

¹⁾ P. Gebhardt, Berlin C, Neue Schönhauser Straße 6. Preis M 1,80.

²⁾ P. Altmann, Berlin NW, Luisenstr. 47. Preis M 9,—, in kleinerer Ausführung M 7,50.

³⁾ Zu beziehen durch Glaswerk G. Müller, Ilmenau i. Th.

eingespannte, papierumwickelte Probierrgläser (wie sie meist schon von den Firmen geliefert werden) bis nahe dem Boden einstellt und den Zementsandbrei einfüllt und etwas preßt. Man erhält nach dem Erstarren einen kleinen, recht brauchbaren Reagenzglasständer, der nur den Nachteil hat, daß man den untersten Teil der Füllung nicht sehen kann (Fig. 4).

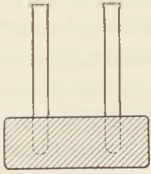


Fig. 4.

So lassen sich noch mancherlei Gerätschaften aus der Zementmasse billig und einfach herstellen. Kleine Änderungen, Beseitigung von Unebenheiten usw. lassen sich noch nachträglich, besonders an dem noch nicht ganz ausgetrockneten Material, leicht mit einem Messer ausführen; auch eine Raspel leistet gute Dienste. Es ist fast auffällig, daß man sich die Vorteile dieser plastischen Gesteinsmasse nicht schon seit langem in der Laboratoriumspraxis zunutze gemacht hat. Sonderbarerweise wird auch in den Haushaltungen der Regel nach mit Gips, der vielfach wenig brauchbar ist, und nicht mit Zement gearbeitet; der nächstliegende Grund ist, daß der Gips viel schneller, schon nach wenigen Minuten bindet und daß der Zement auch noch des wiederholten Anfeuchtens bedarf; der eigentliche Grund dürfte aber darin zu suchen sein, daß man bei Versuchen mit diesem oft das ganze Gefäß samt Löffel darangeben mußte. Ein so einfacher Kunstgriff, wie es die Papierauskleidung der Gefäße ist, vermag vielleicht auch hier einigen Wandel zu schaffen.

Näher auf die prozentische Zusammensetzung der verschiedenen Zementarten einzugehen, liegt außerhalb des Rahmens dieser Arbeit. Die Chemischen Technologien geben genügenden Aufschluß. Es sei nur erwähnt, daß man nach den zurzeit gültigen deutschen Normen unter Portlandzement „ein hydraulisches Bindemittel mit nicht weniger als 1,7 Gewt. Kalk (CaO) auf 1 Gewt. löslicher Kieselsäure (SiO_2) + Tonerde (Al_2O_3) + Eisenoxyd (Fe_2O_3)“ versteht⁴). Ganz beiläufig sei hinzugefügt, daß Zementstahl und Zementkupfer mit dem Zement als solchem nichts zu tun haben; denn bei jenem handelt es sich um ein langsames Einwandern von Kohlenstoff in erhitztes Schweißisen, bei diesem um das Ausfällen von Kupfer aus der Sulfatlösung mittels Eisen.

Der Zement ist in der letzten Zeit zu einem bedeutenden Faktor der chemischen Großindustrie geworden. Die deutsche Zementindustrie ist umfassend organisiert; sie besitzt in der „Zementzentrale“, die ihren Sitz in Berlin-Wilmersdorf hat, ein wichtiges Organ. Für Groß-Berlin ist eine besuchenswerte, auch für Primanerexkursionen geeignete Stätte das Portlandzementwerk von C. O. Wegener in den Rüdersdorfer Kalkbergen neben dem großen fiskalischen Kalk-Ringofen; ebenso daselbst die Portlandzementfabrik von Guthmann u. Jeserich (beide über Fredersdorf leicht erreichbar, doch ist der Besuch erst nach dem Kriege gestattet). Hier wird auch ein besonders wasserwiderständiger Zement hergestellt, der die Bezeichnung „Antiaqua“ führt. — Interessant ist noch eine Abart des Zements, die ein Nebenerzeugnis mancher Eisen-Hochofenbetriebe ist. Im Oberharz lernte ich einen Hochofen kennen, dessen Schlacke unmittelbar zementäre Eigenschaften hat. Die in ansehnlichem Strahl ständig abfließende glühende Schlacke traf in einer Steinrinne mit einem etwa gleichdicken Wasserstrahl zusammen — ein chemisch wie physikalisch gleichinteressantes Schauspiel —, wobei durch die Kraft des Wasserdampfes die kompakte glutflüssige Gesteinsmasse weitgehend zu einem weißlichen Brei zerstäubt wurde, der dann in ein größeres Wasserbecken abfloß. Die zeitweise herausgehobene Masse wird einfach durch mäßigen Druck zu quaderförmigen Ziegeln gepreßt, die nach Trocknung sogleich gebrauchsfertig sind. Es handelt sich hier um eine Art des „Schlackenzements“.

In technischer Beziehung ist die Zement-Fabrikation zurzeit in einem gewissen Wandel begriffen. Dem alten Ziegel-Brennverfahren macht seit einigen Jahren ein sehr

⁴) Vgl. B. Neumann, Lehrb. d. chem. Technologie, Leipzig, S. Hirzel, 1912.

interessantes, in den Schullehrbüchern noch nicht berücksichtigtes nasses Verfahren erfolgreich Konkurrenz. Hier wird der mergelige Kalk von beliebiger, auch feuchter oder schuttähnlicher Beschaffenheit einfach versiebt (die restierenden größeren Stücke fallen sogleich in einen Steinbrecher) und gelangt dann in mit Wasser gefüllte Schlamm-Bottiche von riesigen Dimensionen (15 m Höhe, 8 m Durchmesser), woselbst noch Ton zugesetzt wird. Das technische Problem, diese Riesenmassen zu durchrühren, ist in genialer Weise gelöst: Durch einige bis zum Boden reichende ziemlich enge Röhren wird Preßluft eingeführt, die das Ganze in lebhaft Wallung bringt. Eine Entnahme zur Analyse zeigt, ob das richtige Verhältnis zwischen Kalk und Ton vorliegt, gegebenenfalls wird aus besonderen Behältern schlammiger Ton zugeführt. Die richtig gemischte Masse fließt nun in andauerndem mäßigen Strahle in das eine Ende eines langen, etwas geneigt gelagerten eisernen Rohres, das ein würdiges Gegenstück zu den imposanten Bottichen ist: es ist 45 m lang, bei einem Durchmesser von 2,10 m, und — was man beim Anblick zuerst nicht für möglich halten sollte — dieser Riesenzyylinder dreht sich langsam um seine Längsachse. In der erwähnten Zementfabrik von Guthmann und Jeserich befinden sich in einem Raum 4 solcher großen „Drehrohren“; in dem benachbarten Zementwerk von C. O. Wegener hat ein einzelner sogar eine Länge von 60 m und 3 m Durchmesser. Am entgegengesetzten Ende des Zylinders wogt innen ein Feuermeer, das man ähnlich wie bei den Hochofen-Vorwärmern durch Fenster mittels eines vorgehaltenen farbigen Glases sehr gut beobachten kann; hier wird nämlich zentral ein Gemisch von Luft und Kohlenstaub in dickem Strahl heftig eingeblasen; durch ein kleines Feuer erstmalig angeheizt, werden alle nachfolgenden Massen alsbald entzündet und durchströmen zuerst in Flammenform, dann als heiße Gase den ganzen Zylinder, diesen in seinem ersten Teile lebhaft erhitzend. Durch das Rotieren wird die einfließende Schlammmasse auf die Wandung verteilt, zunächst mehr und mehr getrocknet, durch das gesteigerte Erhitzen und wiederholte Herabfallen allmählich zerstäubt, um nun, immer stärker erhitzt, im vorderen Teil „gar“ gebrannt zu werden, wo dann am Ende der etwas körnige Zement unaufhörlich herausfällt. Das neue Verfahren hat in seiner Apparatur etwas Großzügiges und vermag nach verschiedenen Richtungen hin anregend und belehrend zu wirken.

Eine besondere Ausdehnung und Vervollkommnung hat auch die „Kunststein“-Industrie erlangt, für die der Zement ebenfalls die Grundlage ist. Hier werden die verschiedenartigsten Gesteine — zumal die gewöhnlichen nordischen Findlinge — zu scharfkantigen Bruchstückchen zertrümmert, mit Zementmasse verkittet und in Formen gepreßt. Daraus hergestellte bessere Steinplatten werden ebenfalls als Ersatz der Granitfliesen, als „Wegsteine“ benutzt, z. B. sind die an die Häuser grenzenden Wege der Straße „Unter den Linden“ in Berlin damit belegt. Auch zu Treppenstufen, Postamenten usw. wird die Kunststeinmasse verarbeitet. Zu bestimmten Zwecken kann sie durch Schliff eine solche Oberfläche erhalten, daß sie geschliffenem natürlichen Gestein täuschend ähnlich sieht. Nicht unerwähnt bleibe auch die Verwendung der verschiedenen Abarten des Kunststeins zu Kunstgegenständen, zu Hochreliefs, vollständigen Figuren usw. Auf diesem ganzen Gebiet verdient besonders die Firma Gebr. Friesecke, Berlin und Britz, am Teltowkanal, genannt zu werden, deren umfangreiche Anlagen ebenfalls für eine Primanerexkursion sehr geeignet sind. Diese Kunststeine sind vollständig als künstliche Breccien anzusehen und können daher auch sehr zweckmäßig bei der Durchnahme der Gesteinskunde Erwähnung finden.

Die wertvollen Eigenschaften des Zements machen diesen nicht nur für die Verwendung im chemischen Unterricht geeignet; der Zement kann auch in der Praxis des physikalischen und biologischen Laboratoriums sowie in den entsprechenden Schülerübungen gute Dienste leisten.

Demonstrationsapparate für Schwingungen von Systemen mit zwei Freiheitsgraden und Theorie derselben.

Zweite Mitteilung*).

Von

H. J. Oosting in den Helder, Holland.

12. Jetzt werde ich Systeme behandeln, welche nach Fig. 7 gebildet sind. Zwei Stäbchen *A* und *B*, mit Massen beschwert, sind an einem dünnen Stahldraht angebracht, dessen Enden festgemacht sind. Den Längen der Teile l_1 , l_2 und l_3 des Stahldrahtes seien die Konstanten a , b und c umgekehrt proportional. Wir finden (siehe die Bezeichnungen in den Fig. 7 und 8)¹⁾

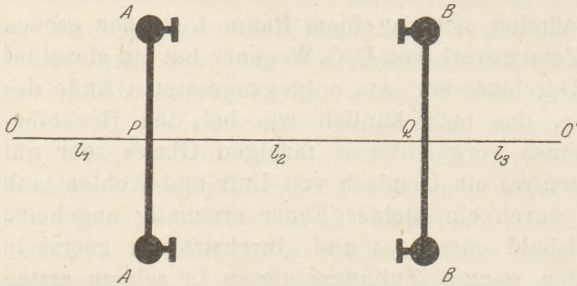


Fig. 7.

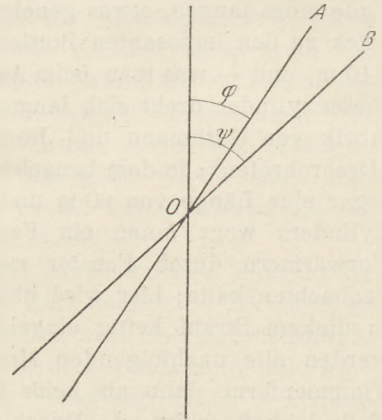


Fig. 8.

$$\theta_1 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + a \varphi - b (\psi - \varphi) = 0 \tag{10}$$

$$\theta_2 \frac{d^2 \psi}{dt^2} + c \psi + b (\psi - \varphi) = 0 \tag{11}$$

Durch Elimination von ψ erhält man

$$\frac{d^4 \varphi}{dt^4} + \left(\frac{a+b}{\theta_1} + \frac{c+b}{\theta_2} \right) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{(a+b)(c+b) - b^2}{\theta_1 \theta_2} \varphi = 0. \tag{12}$$

und durch Elimination von φ dieselbe Gleichung für ψ .

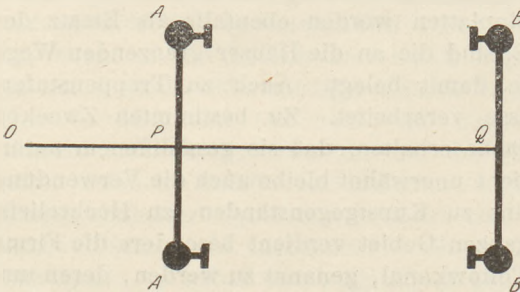


Fig. 9.

Setzen wir in dieser Gleichung $c = 0$, dann geht sie über in die Gleichung 3) des § 3. Nun bedeutet $c = 0$, daß $l_3 = \infty$ genommen wird, und der Teil QO' des Stahldrahtes keinen Einfluß auf die Schwingungen hat. Hieraus folgt, daß der Fall, welcher bei den nach Fig. 2 gebildeten Apparaten Fig. 5 und 6 verwirklicht ist, übereinstimmt mit dem Falle Fig. 9, wenn für OPQ ein Stab genommen wird, oder, falls

OPQ ein dünner Draht ist, dieser in O aufgehängt wird. Dies ist so zu verstehen, daß die nach Fig. 2 gebildeten Apparate, Fig. 5 und 6, symmetrisch sind in bezug

*) Man vgl. Heft III, S. 126 ff.

¹⁾ Dieselben Gleichungen in anderer Form finden sich bei Dr. L. Fleischmann, Über den Einfluß von Torsionsschwingungen von Wellen bei Parallelbetrieb von Wechselstromgeneratoren, Elektrotechn. Zeitschr., 13. Juni 1912.

auf eine durch den Stab B senkrecht zu dem Stahldrahte gelegte Ebene, und aufzufassen sind als die Verdoppelung der in Fig. 9 dargestellten Vorrichtung, wobei dann die zwei in bezug auf die durch B gelegte Ebene symmetrischen Körper A durch die horizontalen Seiten des Rechtecks vereinigt sind.

13. Die Gleichungen 10) 11) und 12) können in derselben Weise behandelt werden wie die Gleichungen von § 3. Ich ziehe es aber vor, zunächst eine Vergleichung mit WIENS allgemeinen Gleichungen anzustellen. Für die Gleichungen 10) und 11) können wir schreiben

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{a+b}{\theta_1} \varphi - \frac{b}{\theta_1} \psi = 0,$$

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} + \frac{c+b}{\theta_2} \psi - \frac{b}{\theta_2} \varphi = 0,$$

oder

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{a+b}{\theta_1} \varphi - \frac{b}{a+b} \cdot \frac{a+b}{\theta_1} \psi = 0,$$

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} + \frac{c+b}{\theta_2} \psi - \frac{b}{c+b} \cdot \frac{c+b}{\theta_2} \varphi = 0.$$

Durch Vergleichung dieser Formen mit den Gleichungen WIENS für Kraftkoppelung (siehe 10.):

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} + k_1^2 x_1 + \tau_1 k_1^2 x_2 = 0,$$

$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} + k_2^2 x_2 + \tau_2 k_2^2 x_1 = 0$$

erhalten wir

$$k_1^2 = \frac{a+b}{\theta_1} \quad k_2^2 = \frac{c+b}{\theta_2}.$$

Wir erhalten k_1 , wenn bei der Vorrichtung (Fig. 7) B festgesetzt wird und A schwingt um OQ , und k_2 , wenn A festgehalten wird und B um $O'P$ schwingt.

Weiter ist

$$\tau_1 = -\frac{b}{a+b}, \quad \tau_2 = -\frac{b}{c+b},$$

und der Koppelungskoeffizient

$$K = \sqrt{\tau_1 \tau_2} = \frac{b}{\sqrt{(a+b)(c+b)}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{a}{b}\right) \left(1 + \frac{c}{b}\right)}}.$$

Es besteht also lose Koppelung, wenn b klein ist in bezug auf a und c oder b groß in Vergleichung mit l_1 und l_3 . Für $c = a$ wird

$$k_1^2 = \frac{a+b}{\theta_1}, \quad k_2^2 = \frac{a+b}{\theta_2}, \quad K = \sqrt{\tau_1 \tau_2} = \frac{b}{a+b},$$

und in dem besonderen Fall, daß auch noch $b = a$ ist, wird

$$K = \sqrt{\tau_1 \tau_2} = \frac{1}{2}.$$

Den Resonanzfall haben wir bei diesen Systemen im allgemeinen, wenn

$$\frac{a+b}{\theta_1} = \frac{c+b}{\theta_2},$$

und für den besonderen Fall, daß $c = a$ ist, wird dann $\theta_1 = \theta_2$. In diesem Fall werden die beiden Schwingungszeiten

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\theta_1}{a+b}}.$$

14. Weil die nach Fig. 2 konstruierten Apparate sich nicht gut eignen, um langsame Schwebungen zu erhalten, habe ich versucht, einen guten Apparat für diesen Zweck nach Fig. 7 zu konstruieren. Dazu habe ich vorläufig den einfachsten Fall genommen, $c = a$. Die Gleichung 12) wird dann

$$\frac{d^4 \varphi}{dt^4} + (a+b) \left(\frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_2} \right) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{a(a+2b)}{\theta_1 \theta_2} \varphi = 0, \quad (13)$$

und wir finden

$$\begin{aligned} \omega^2 &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{a+b}{\theta_1} + \frac{a+b}{\theta_2} \pm \sqrt{\left(\frac{a+b}{\theta_1} - \frac{a+b}{\theta_2} \right)^2 + \frac{4b^2}{\theta_1 \theta_2}} \right\}, \\ &= \frac{a+b}{2\theta_2} \left\{ \frac{\theta_2}{\theta_1} + 1 \pm \sqrt{\left(\frac{\theta_2}{\theta_1} - 1 \right)^2 + \frac{4b^2}{(a+b)^2}} \cdot \frac{\theta_2}{\theta_1} \right\}, \\ \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} &= \frac{\frac{\theta_2}{\theta_1} + 1 + \sqrt{\left(\frac{\theta_2}{\theta_1} - 1 \right)^2 + \frac{4b^2}{(a+b)^2}} \cdot \frac{\theta_2}{\theta_1}}{\frac{\theta_2}{\theta_1} + 1 - \sqrt{\left(\frac{\theta_2}{\theta_1} - 1 \right)^2 + \frac{4b^2}{(a+b)^2}} \cdot \frac{\theta_2}{\theta_1}}, \end{aligned}$$

und im Resonanzfall, wofür $\theta_2 = \theta_1$ ist,

$$\omega^2 = \frac{a+b}{\theta_1} \left(1 \pm \frac{b}{a+b} \right)$$

und

$$\frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} = \frac{1 + \frac{b}{a+b}}{1 - \frac{b}{a+b}} = \frac{a+2b}{a}.$$

Bei einem der ausgeführten Apparate, der in Fig. 10 abgebildet ist, habe ich die Längen l_1 und l_3 des Stahldrahtes gleich 2,5 cm genommen und $l_2 = 15$ cm. Für den Koppelungskoeffizienten erhalten wir bei diesem Apparate

$$K = \frac{b}{a+b} = \frac{\frac{1}{l_2}}{\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}} = \frac{l_1}{l_1 + l_2} = \frac{1}{7} = 0,143,$$

oder die Koppelung beträgt 14%.

Die Länge der Stäbchen (Stricknadeln) ist 15 cm; sie sind an den Enden mit Massen von 15 g beschwert. Die Stäbchen tragen wie bei den anderen Apparaten vertikale Spiegel.

Wie gesagt, erhält man die natürliche Schwingungszeit der beiden Einzelsysteme oder der beiden gekoppelten Systeme, wenn das eine Stäbchen festgesetzt ist und das andere schwingt. Nun sind beide gekoppelten Systeme gleich, und es darf keinen Unterschied machen, welches der beiden Stäbchen schwingt.

Hält man das eine Stäbchen fest und gibt dem anderen eine Abweichung, und läßt dann beide los, dann bekommt man schöne Schwebungen mit der Energieübertragung von dem einen Einzelsystem an das andere; die Minima sind vollkommen null. Dabei ist zu beachten, daß dieses Resultat in Übereinstimmung ist mit WIENS Theorie für den Fall, daß die Dämpfung nicht in die Rechnung aufgenommen wird, daß WIEN aber weiter (a. a. O., S. 166) gefunden hat, daß dasselbe gilt, wenn die beiden Einzelsysteme gleiche Dämpfung haben, und das ist bei meinem Apparat der Fall.

Für die Demonstration läßt man unter Verwendung der Platte mit 2 Öffnungen auf jeden Spiegel ein Lichtbündel fallen (siehe 6), und erhält dann auf dem Schirme 2 Lichtpunkte, deren Bewegungen die Schwingungen der beiden Stäbchen wiedergeben, und wovon das eine die größte Amplitude hat in dem Augenblick, in

dem das andere in Ruhe ist, und umgekehrt²⁾. Es ist dabei wünschenswert, daß bei Ruhe die beiden Lichtpunkte auf dem Schirm in gleicher Höhe liegen. Da die Stäbchen an den Stahldraht gelötet sind, sind die beiden Spiegelchen im allgemeinen nicht genau parallel. Man kann dann, indem man das eine Ende des Stahldrahtes fest läßt, das andere losmachen, ein wenig drehen, bis die Lichtpunkte in gleicher Höhe fallen, und dann auch dieses Ende festklemmen.

15. Ich bin also für die Schwebungen zu einem Apparat gelangt, der große Ähnlichkeit mit dem bekannten Pendelmodell von OBERBECK³⁾ hat. Meines Erachtens ist mein Apparat der OBERBECKSchen Vorrichtung vorzuziehen. Erstens weil die Demonstration schöner geht, aber auch weil die natürlichen Schwingungen der Einzelsysteme so leicht anzugeben sind und der Koppelungskoeffizient einen einfachen Wert hat. Mein Apparat hat einen kleinen, aber fast nicht nennenswerten Nachteil, nämlich, daß am Anfang einer Schwingung der Lichtpunkt auf dem Schirme eine kleine horizontale Bewegung hat, welche daher rührt, daß der Stahldraht eine kleine Biegung erhält, wenn man mit dem Finger dem Stäbchen eine Ablenkung gibt. Diese horizontale Bewegung verschwindet aber sehr bald. Theoretisch ist gegen meinen Apparat anzuführen, daß dabei Kraftkoppelung besteht, welche (WIEN, a. a. O., S. 155) analog ist mit der elektrischen Koppelung, da bei den elektrischen Schwingungen gewöhnlich magnetische Koppelung besteht, welche analog ist mit der Beschleunigungskoppelung. Da aber bei beiden Koppelungsarten die Erscheinungen in derselben Weise verlaufen, ist dies meines Erachtens für Demonstrationszwecke ohne Belang. Übrigens ist zu bemerken, daß dasselbe gilt von Apparaten, bei denen zwischen zwei Pendeln eine elastische Verbindung besteht.

16. WIEN hat aus der allgemeinen Theorie ein Resultat abgeleitet, das in Anwendung auf den Versuch von OBERBECK mit synchronen Pendeln lautet⁴⁾: Man erhält die eine der Schwingungen, woraus im allgemeinen die Bewegung zusammengesetzt ist, wenn man beide Pendel gleichzeitig mit gleicher Amplitude und Phase in Bewegung setzt. Man erhält die andere Schwingung allein, wenn man beide Pendel gleichzeitig mit entgegengesetzter Phase in Bewegung setzt.

Dieses Resultat gilt unverändert für meinen Apparat mit Torsionsschwingungen. KORTEWEG⁵⁾ nennt die Bewegungsweise, wenn die gleichzeitigen größten Elongationen

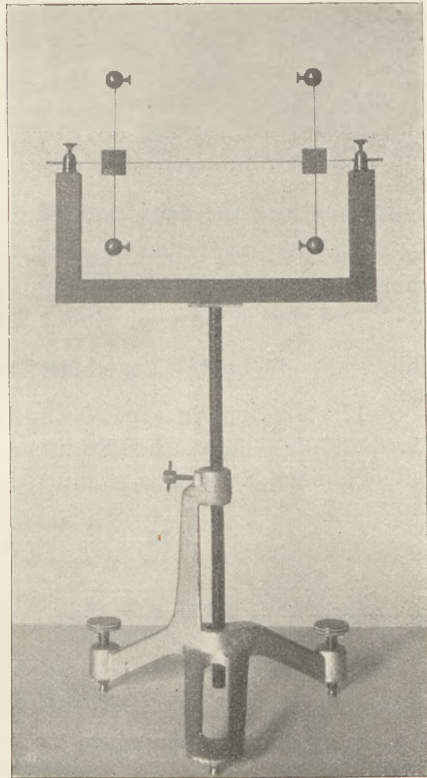


Fig. 10.

²⁾ Das Beste ist, die zwei Lichtbündel erst auf einen festen Spiegel fallen zu lassen und den Torsionsapparat so zu stellen, daß die zwei kleinen Spiegel die reflektierten Bündel auffangen und nach dem Schirm werfen.

³⁾ Wiedem. Ann. **34**, S. 1041, 1888; diese Zeitschr. I, 255.

⁴⁾ Wien, l. c., S. 159.

⁵⁾ Korteweg, Koninkl. Akad. v. Wetenschappen te Amsterdam, 28. Oct. 1905, p. 413: Huygens' sympathische uurwerken en verwante verschynselen, in verband met de principale en de samengestelde slingeren, die zich voordoen, wanneer aan een mechanisme met een enkelen vryheidsgraad twee slingers bevestigd zyn.

nach derselben Seite fallen, die parallele, und die Bewegungsweise, wobei die gleichzeitigen größten Elongationen nach entgegengesetzten Seiten fallen, die antiparallele. Diese Namen werde ich beibehalten.

Für meinen Apparat gilt (14.)

$$\omega^2 = \frac{a+b}{\theta_1} \left(1 \pm \frac{b}{a+b} \right),$$

also

$$\omega_1^2 = \frac{a+b}{\theta_1} \cdot \frac{a+2b}{a+b} = \frac{a+2b}{\theta_1}, \quad T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\theta_1}{a+2b}},$$

$$\omega_2^2 = \frac{a+b}{\theta_1} \cdot \frac{a}{a+b} = \frac{a}{\theta_1}, \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\theta_1}{a}}.$$

Hiermit müssen nun die Schwingungszeiten bei der antiparallelen und der parallelen Bewegungsweise mit gleichen Amplituden übereinstimmen. Und dies ist in einfacher Weise zu erklären: Bei der parallelen Bewegungsweise mit gleicher Amplitude wird der Teil des Stahldrahtes zwischen den beiden Stäbchen nicht tordiert, und die Schwingungen sind dieselben, als ob dieser Teil abwesend wäre. In diesem Falle muß also die Schwingungszeit $2\pi \sqrt{\frac{\theta_1}{a}}$ sein. Bei dem antiparallelen Gang ist bei dem Teil des Stahldrahtes zwischen den beiden Stäbchen der Torsionswinkel immer das Doppelte von demjenigen, welcher besteht, wenn das eine Stäbchen feststeht und das andere schwingt. Dies hat denselben Einfluß, als ob dieser Teil des Stahldrahtes die halbe Länge hätte, und die Schwingungszeit muß $2\pi \sqrt{\frac{\theta_1}{a+2b}}$ sein.

17. Mit dem in Fig. 10 abgebildeten Apparat habe ich einige Versuche ausgeführt, um die theoretischen Resultate zu prüfen. Erstens haben wir für die Schwingungszeit des einen Stäbchens, wenn das andere festgemacht ist,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\theta_1}{a+b}},$$

und für die Schwingungszeiten bei der antiparallelen und der parallelen Bewegungsweise mit gleicher Amplitude

$$T_1 = T \sqrt{\frac{a+b}{a+2b}}, \quad T_2 = T \sqrt{\frac{a+b}{a}},$$

und da bei meinem Apparate

$$\frac{b}{a} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{1}{6}$$

ist, so ist

$$T_1 = T \sqrt{\frac{7}{8}}, \quad T_2 = T \sqrt{\frac{7}{6}}.$$

Die Schwingungszeiten T , T_1 und T_2 wurden bestimmt durch fünfmalige Messung von 100 Doppelschwingungen des Lichtbildes an der Wand mittels einer Uhr mit Arretiervorrichtung, die Fünftelsekunden angibt, wobei aber Zehntelsekunden abgelesen werden können. An der Wand war eine vertikale Teilung aufgehängt, welche gebraucht wurde, um jedesmal dieselbe Anfangsamplitude zu nehmen und bei der parallelen und der antiparallelen Bewegungsweise die Amplituden der beiden Stäbchen einander gleich nehmen zu können. Sind bei der parallelen und der antiparallelen Bewegungsweise die Amplituden nicht gleich, so entstehen Schwebungen. Auch muß man darauf achten, die beiden Stäbchen im selben Augenblicke loszulassen.

Es wurde gefunden:

5×100	Doppelschwingungen von A , indem B festgesetzt ist	167,5 S
5×100	-	- B - A - 166,3 S,

woraus als Mittelwert

$$T = 0,3338 \text{ S.}$$

Parallele Bewegungsweise mit gleicher Amplitude.

5 × 100 Doppelschwingungen 180,4 S

$$T_2 = 0,3608 \text{ S.}$$

Antiparallele Bewegungsweise mit gleicher Amplitude.

5 × 100 Doppelschwingungen 155,8 S

$$T_1 = 0,3116 \text{ S.}$$

Die Theorie liefert

$$T_1 = T \sqrt{\frac{7}{8}} = 0,3338 \sqrt{\frac{7}{8}} = 0,3122,$$

$$T_2 = T \sqrt{\frac{7}{6}} = 0,3338 \sqrt{\frac{7}{6}} = 0,3606,$$

welche Werte sehr gut mit den durch die Versuche gefundenen Werten von T_1 und T_2 übereinstimmen.

Weiter habe ich bei den Schwebungen, welche entstehen, wenn man dem einen Stäbchen eine Ablenkung gibt, indem man das andere festhält und dann beide in demselben Augenblicke losläßt, die Dauer einer Schwebung bestimmt, d. h. die Zeit zwischen zwei Augenblicken, wo die Amplitude des Lichtbildes null ist. Dazu wurde viermal die Dauer von 25 Schwebungen gemessen. Gefunden wurde:

a) Ablenkung an B gegeben, indem A festgehalten wird und beide in demselben Augenblicke losgelassen werden:

100 Schwebungen von A 234,8 S

100 - - - B 234,4 S

b) Ablenkung an A gegeben, indem B festgehalten wird:

100 Schwebungen von B 235,0 S

100 - - - A 235,5 S

Im Mittel Dauer einer Schwebung 2,349 S.

Nach der Theorie entstehen diese Schwebungen durch Interferenz der Schwingungen bei der parallelen und der antiparallelen Bewegungsweise. Aus dem gemessenen Wert von T wurde berechnet

$$T_1 = 0,3122, \quad T_2 = 0,3606,$$

woraus für die Schwingungszahlen pro Sekunde folgt

$$n_1 = \frac{1}{T_1} = 3,203, \quad n_2 = \frac{1}{T_2} = 2,774,$$

$$n_1 - n_2 = 0,429.$$

$$\text{Dauer einer Schwebung } \frac{1}{n_1 - n_2} = \frac{1}{0,429} = 2,33.$$

Die gemessenen Werte

$$T_1 = 0,3116, \quad T_2 = 0,3608$$

geben

$$n_1 = 3,209, \quad n_2 = 2,772.$$

$$\text{Dauer einer Schwebung } \frac{1}{n_1 - n_2} = \frac{1}{0,437} = 2,29.$$

Hierbei ist zu bemerken, daß kleine Fehler in den Werten von T_1 und T_2 einen relativ viel größeren Fehler in dem Wert der Dauer einer Schwebung verursachen.

In der drahtlosen Telegraphie wird für den Koppelungskoeffizienten die Näherungsformel

$$K = \frac{n_1 - n_2}{n}$$

verwendet. Diese können wir verifizieren mit dem gemessenen Wert von T und der gemessenen Dauer einer Schwebung. Wir erhalten

$$K = \frac{n_1 - n_2}{n} = (n_1 - n_2) T = \frac{0,3338}{2,349} = 0,142,$$

während in 14. aus der Konstruktion des Apparates abgeleitet ist

$$K = \frac{b}{a + b} = \frac{1}{7} = 0,143.$$

18. Wie die OBERBECKSche Vorrichtung, kann auch mein Apparat Fig. 10 dazu dienen, die Stoßerregung zu demonstrieren⁶⁾. Man gibt dem einen Stäbchen A eine Ablenkung, indem man das andere B festhält und läßt sie dann gleichzeitig los. Im Augenblicke, daß A wieder in Ruhe gekommen ist, hält man A fest, und B schwingt dann mit seiner eigenen natürlichen Schwingungszeit weiter.

19. Bei dem beschriebenen Apparate ist bei beiden Teilsystemen die Dämpfung gleich und klein. Bei dem Apparate kann aber sehr gut eine Dämpfungsvorrichtung angebracht werden. Dazu werden die Kugeln an den Unterenden der Stäbchen ersetzt durch Kupferplatten, welche sich beim Schwingen zwischen den Polen eines Elektromagneten hindurchbewegen. Durch Abänderung der Stromstärke kann die Dämpfung willkürlich abgeändert werden. Auch können die Versuche erweitert werden, indem man nicht $c = a$ oder $l_3 = l_1$ nimmt. Dann kann doch $k_1^2 = k_2^2$ werden, wenn nur $\frac{a+b}{\theta_1} = \frac{c+b}{\theta_2}$ gemacht wird. Einen solchen Apparat habe ich entworfen, aber er ist noch nicht ausgeführt worden.

20. In 15 habe ich schon gesagt, daß bei meinen Torsionsapparaten Kraftkoppelung besteht, und daß diese analog ist mit der elektrischen Koppelung. Welches ist nun das elektrische Analogon der nach Fig. 7 gebildeten Apparate? Um dies deutlich zu machen, muß ich eine Bemerkung vorausschicken. Wie bekannt, hat man bei elektrischen Schwingungen zu rechnen mit der Formel für die Schwingungszeit $2\pi\sqrt{LC}$, welche gilt, wenn der Widerstand nicht zu groß ist. Es scheint mir für Anfänger immer erschwerend, daß die Form dieser Formel nicht übereinstimmt mit den Formeln für die Schwingungszeit bei Pendeln unter der Wirkung der Schwere, bei elastischen Schwingungen, bei der Schwingung eines Magneten in einem magnetischen Felde usw. In allen diesen Fällen hat man für die Schwingungszeit eine Formel

$$2\pi\sqrt{\frac{\text{Masse}}{\text{Kraft für die Abweichung Eins}}}$$

oder

$$2\pi\sqrt{\frac{\text{Trägheitsmoment}}{\text{Moment für den Winkel Eins}}}$$

Nun ist der Selbstinduktionskoeffizient einer Masse analog, aber die Kapazität ist nicht einer Kraft analog. Dies gilt jedoch von dem umgekehrten Wert der Kapazität, da diese umgekehrt proportional mit der dielektrischen Elastizität des Dielektrikums ist. Für die Analogie der elektrischen Schwingung würde es also besser sein, ein Zeichen für $1/C$ einzuführen, und dieses würde dann eine Größe

⁶⁾ Was die Oberbecksche Vorrichtung betrifft, hat WIEN darauf hingewiesen (Jahrbuch für drahtlose Telegraphie und Telephonie 1, S. 469, 1907).

vorstellen, die proportional mit der dielektrischen Elastizität ist. Hält man dies im Auge, so sieht man leicht ein, daß die Torsionsapparate, welche nach Fig. 7 gebildet sind, analog sind mit der in Fig. 11

abgebildeten Vorrichtung. Dabei haben wir zwei Schwingungskreise mit Kapazität und Selbstinduktion, welche vermittelt der Kapazität C_2 gekoppelt sind. Ist einer der Schwingungskreise unterbrochen, so

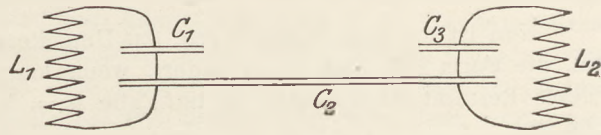


Fig. 11.

ist darin die Schwingung unmöglich, was dasselbe ist, als wenn bei dem Torsionsapparat eines der Stäbchen festgehalten wird. Dann ist bei dem anderen Schwingungskreise die Eigenschwingung mit der Schwingungszeit

$$2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{1/C}}$$

möglich. Da die zwei Kapazitäten des Schwingungskreises in Serie geschaltet sind, sind die Eigenschwingungszeiten des linken und des rechten Kreises

$$2\pi\sqrt{\frac{L_1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}} \quad \text{und} \quad 2\pi\sqrt{\frac{L_2}{\frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_2}}}$$

Bei dem Torsionsapparat hatten wir für die Eigenschwingungszeiten der beiden Einzelsysteme

$$2\pi\sqrt{\frac{\theta_1}{a+b}} \quad \text{und} \quad 2\pi\sqrt{\frac{\theta_2}{c+b}}$$

Daß wir in beiden Fällen Kraftkoppelung haben, ist hieran deutlich. Bei dem Torsionsapparat sitzt die Koppelung in der Torsion des Stahldrahtes zwischen den zwei Stäbchen, bei der elektrischen Vorrichtung in der gemeinschaftlichen Kapazität C_2 , also in der darin auftretenden dielektrischen Elastizität. Bei dem Torsionsapparat ist die Koppelung lose, wenn b klein ist in Beziehung zu a und c , oder l_2 groß in Beziehung zu l_1 und l_3 . Bei der elektrischen Vorrichtung besteht lose Koppelung, wenn C_2 groß ist in Beziehung zu C_1 und C_3 . Dies ist noch in folgender Weise zu verdeutlichen: Bei einer großen Kapazität hat man eine große Ladung nötig, um einen gewissen Betrag der dielektrischen Verschiebung und der dielektrischen Elastizität zu erhalten; bei einem langen Draht muß man um einen großen Winkel drehen, um ein Torsionsmoment von gewisser Größe zu bekommen.

21. Ich werde nun noch kurz Apparate betrachten, die nach Fig. 7 konstruiert werden können, um einfache Verhältnisse der Frequenzen der zwei einfachen Schwingungen zu erhalten, im besonderen die Verhältnisse $\omega_1/\omega_2 = 2$ und $\omega_1/\omega_2 = 3$.

Ich habe dabei genommen

$$a = b = c.$$

In diesem Fall erhalten wir aus 14)

$$z^2 = \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} = \frac{1+x+\sqrt{1-x+x^2}}{1+x-\sqrt{1-x+x^2}}. \quad (15)$$

Diese Form hat wieder einen Minimumwert für $x = 1$, was wieder damit stimmt, daß der Minimumwert von z mit dem Resonanzfall übereinkommt. Wir finden

$$z_{\min} = \sqrt{3} = 1,732.$$

Dieser Apparat ist also geeignet, um die einfachen Verhältnisse $z = 2$ und $= 3$ zu erhalten.

Für $z = 2$ finden wir

$$x = \frac{43 \pm 5\sqrt{33}}{32} = 2,241 \text{ und } 0,4462.$$

Nun ist der eine dieser Werte das Umgekehrte des anderen, was damit stimmt, daß die Form (15) sich nicht ändert, wenn man an der Stelle von x schreibt $1/x$. Dieses Resultat ist deutlich, da im Falle $a = b = c$ θ_1 und θ_2 vertauscht werden können.

Für $z = 3$ finden wir

$$x = \frac{57 \pm 15\sqrt{13}}{18} = 6,171 \text{ und } 0,1620,$$

wovon wieder der eine Wert das Umgekehrte des anderen ist.

Ich habe mit diesen Apparaten wohl einige Versuche gemacht, aber nicht so ausführlich wie mit den Apparaten Fig. 5 und 6. Es zeigte sich, daß die horizontale Bewegung, welche beim Anfang der Schwingung auftritt, bei diesen Apparaten störend ist, und daß sie darum den Apparaten Fig. 5 und 6 nachgestellt werden müssen. Die Konstruktion der Apparate Fig. 5 und 6 hat gerade den Vorteil, daß keine horizontale Bewegung der Lichtpunkte eintritt, wenn man nur bei dem Rahmen daran denkt, die Ablenkung in der Mitte zu geben. Auch kann bei den Apparaten, welche nach Fig. 7 gebildet sind, keine Rede sein von Verwendung im elementaren Unterricht.

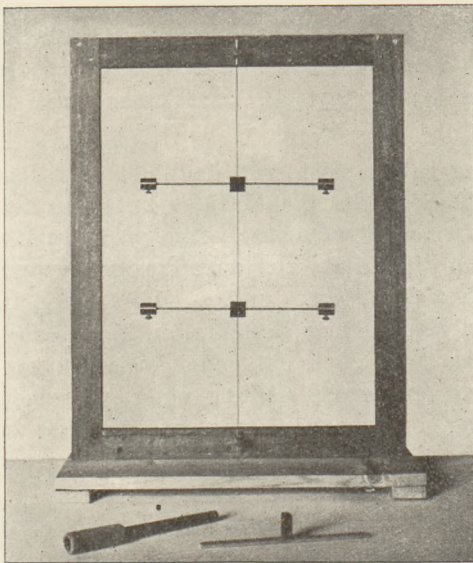


Fig. 12.

22. Die erzwungenen Schwingungen zweier gekoppelten Systeme sind auch von WIEN⁷⁾ behandelt worden. Wirkt auf eines von zwei gekoppelten Systemen eine periodische Kraft, so ist die Amplitude beider Systeme von der Periode der Kraft abhängig. Wenn die beiden Einzelsysteme dieselbe Eigenperiode haben, findet man bei ungedämpften Schwingungen, daß die Amplituden der beiden Einzelsysteme ∞ werden, wenn die Periode der Kraft übereinstimmt mit der Periode einer der beiden Schwingungen, woraus bei der freien Schwingung die Bewegung der beiden Einzelsysteme zusammengesetzt ist. Dies können wir auch so ausdrücken: die Amplituden werden ∞ , wenn die Periode der Kraft übereinstimmt mit derjenigen der parallelen oder der antiparallelen Bewegungsweise mit gleicher Amplitude. Kommt dagegen die Periode der Kraft überein mit

den Eigenperioden der Einzelsysteme, so wird die Amplitude desjenigen Einzelsystems, worauf die Kraft wirkt, $= 0$ und die Amplitude des anderen ein Minimum.

Die Demonstration dieser Schwingungen mittels eines Torsionsapparates, der nach Fig. 7 gebildet ist, habe ich von Dr. L. Fleischmann entlehnt⁸⁾. Ich habe nur dessen Apparat in Übereinstimmung mit meinen Apparaten vereinfacht und den Versuch ein wenig modifiziert und vervollständigt. Mein Apparat ist in Fig. 12 abgebildet. Ein dünner Stahldraht (im ganzen 47 cm lang) ist vertikal zwischen

⁷⁾ Wien, a. a. O., S. 180.

⁸⁾ Zu sehen: die bei 12. zitierte Abhandlung. Fleischmanns Apparat hat Scheiben statt Stäbchen.

zwei Klemmen an einem Holzrahmen gespannt. An den Stahldraht sind zwei Stricknadeln (25 cm lang) in derselben Weise wie bei den anderen Apparaten befestigt welche an den Enden beschwert sind mit Massen von etwa 30 g. Es sind wieder zwei kleine Spiegel angebracht, aber ich ziehe es vor, diese Spiegel nicht zu verwenden, sondern die Bewegung an dem Apparat selbst wahrnehmen zu lassen. Neben dem Apparat stelle ich ein Stativ auf mit einem horizontalen Stab, woran drei Fadenpendel mit Bleikugeln hängen. Das eine Pendel ist so lang genommen, daß seine Schwingungszeit übereinstimmt mit der Eigenperiode der beiden Einzelsysteme, welche man erhält, wenn das eine Stricknadelstäbchen festgehalten wird und man das andere schwingen läßt. Das zweite Pendel ist so lang, daß seine Schwingungszeit übereinstimmt mit derjenigen der parallelen Bewegungsweise der beiden Stäbchen bei gleicher Amplitude, und endlich ist die Länge des dritten Pendels so, daß seine Schwingung mit der antiparallelen Bewegungsweise bei gleicher Amplitude übereinstimmt. Für die Erzeugung der parallelen Bewegungsweise verwende ich ein Holzstäbchen (das in der Abbildung auf dem Tische liegt). Um die erzwungenen Schwingungen zu demonstrieren, verwende ich einen Holzstab mit einem langen Korke (ebenfalls in der Abbildung zu sehen). Läßt man das erste Fadenpendel schwingen, und gibt man dann dem einen Stricknadelstäbchen des Apparates schwache Stöße mit dem Korkklöppel in Übereinstimmung mit den Schwingungen des Fadenpendels, so entstehen fast keine Schwingungen. Gibt man die Stöße in Übereinstimmung mit den Schwingungen des zweiten Fadenpendels, so entstehen schon nach einigen Stößen bei dem Apparate Schwingungen von großer Amplitude in der parallelen Bewegungsweise. Gibt man die Stöße in Übereinstimmung mit den Schwingungen des dritten Fadenpendels, so entstehen Schwingungen von großer Amplitude in der antiparallelen Bewegungsweise.

Bei diesem Apparate habe ich wie FLEISCHMANN die drei Teile des Stahldrahtes einander gleich genommen (15 cm), so daß $a = b = c$. Nach 21. ist, da die Stricknadeln und die Massen gleich sind, und also die beiden Einzelsysteme dieselbe Eigenperiode haben, das Verhältnis der Perioden der parallelen und der antiparallelen Bewegungsweise $\sqrt{3} = 1,732$. Die Längen meiner Fadenpendel sind 34,5 cm, 69,1 cm und 22,8 cm, woraus leicht die gute Übereinstimmung mit der Theorie abzuleiten ist. Ist θ das Trägheitsmoment eines der belasteten Stäbchen, so ist die

$$\text{Schwingungszeit der Einzelsysteme } T = 2\pi \sqrt{\frac{\theta}{2a}},$$

$$\text{Schwingungszeit bei der antiparallelen Bewegung } T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\theta}{3a}},$$

$$\text{Schwingungszeit bei der parallelen Bewegung . . } T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{\theta}{a}},$$

also

$$T_1 = T\sqrt{\frac{2}{3}} \quad \text{und} \quad T_2 = T\sqrt{2}.$$

Die hiermit übereinstimmenden Pendellängen sind

$$L = 34,5 \text{ cm}, \quad L_1 = 22,8 \text{ cm}, \quad L_2 = 69,1 \text{ cm}.$$

Es muß sein

$$T_1 = T\sqrt{\frac{L_1}{L}} \quad \text{und} \quad T_2 = T\sqrt{\frac{L_2}{L}},$$

also

$$\frac{L_1}{L} = \frac{2}{3} \quad \text{und} \quad \frac{L_2}{L} = 2.$$

Die gemessenen Längen geben

$$\frac{L_1}{L} = \frac{22,8}{34,5} = 0,661, \quad \frac{L_2}{L} = \frac{69,1}{34,5} = 2,00.$$

Das System hat also zwei Resonanzmöglichkeiten. Das war es, was FLEISCHMANN zu demonstrieren wünschte für ein Maschinensystem, bestehend aus einem Explosionsmotor mit Schwungrad, der mittels einer langen Achse einen Wechselstromgeneratortrieb. Dafür muß ich aber auf das Original verweisen.

Physikalisches Laboratorium des Königl. Institutes für die Marine.

Der Drehstrom-Schwingungsschreiber.

Von

Dr. **Friedr. Fricke**, Direktor der Realschule i. d. N. Bremen.

Bei dem Drehstromschreiber des Verfassers (Seite 14 des Januarheftes dieser Zeitschrift) ist der Umstand wesentlich, daß die Schleifenhälften, durch die der Wechselstrom fließt, durch Resonanz in kräftige Schwingungen versetzt werden. Wollte man die Schleifen so weit verkürzen und so straff spannen, daß die Resonanz wie beim Oszillographen ohne merkbliche Wirkung wäre, so würde das Kraftlinienfeld selbst bei außerordentlich starkem Erregerstrom zur Erzielung befriedigender Schwingungsweiten nicht ausreichen. Da drängt sich nun der Gedanke auf, das Feld dadurch zu verstärken, daß man die Kraftlinien möglichst in Eisen verlaufen läßt. Und dieser Gedanke hat zu der Herstellung eines Apparates geführt, den Verfasser als Drehstrom-Schwingungsschreiber bezeichnet. Er ist nichts anderes als ein dreifacher Oszillograph.

Der in Fig. 4 skizzierte Apparat besteht aus zwei getrennten Teilen, dem Hauptteil *A* und dem Spiegelträger *B*.

Der Hauptteil ist in den Figuren 1, 2 und 3 eingehend dargestellt. Fig. 1 ist die Flächenansicht, Fig. 2 die Seitenansicht und Fig. 3 der Durchschnitt längs der punktierten Linie der Fig. 1.

Um ein Brett (Fig. 1, 2 und 3) von 200 mm Länge, 120 mm Breite und 19 mm Dicke herum ist senkrecht zur Längsrichtung eine Anzahl von Elektromagneten, *A* bis *G*, angebracht. Ihre Kerne sind aus Bandeisen von 28 mm Breite und 8,5 mm Dicke geschnitten. Die Längen der Kerne sind für *A* 142, für *B* und *C* 40, für *D*, *E*, *F* und *G* 29,5 mm. Wie die Abbildungen zeigen, bilden die Kerne *A*, *B*, *C*, *D*, *E* ein ununterbrochenes Stück, während die Kerne *F* und *G* zwischen *D* und *E* so verteilt sind, daß drei gleiche Zwischenräume entstehen; je zwei Kerne haben etwa 2;3 mm Abstand.

Nach diesen Zwischenräumen zu sind die Kerne so weit abgeschrägt, daß die einander gegenüberliegenden Flächen noch etwa 2 mm breit sind (siehe Fig. 3 zwischen *D* und *F* oder zwischen *F* und *G*). Außerdem sind die Mitten der nach den Zwischenräumen gewandten Flächen ausgefeilt; der dadurch zwischen je zwei Kernen gebildete zylindrische Raum (siehe Fig. 1 und 3 zwischen *G* und *E*) hat 11 bis 12 mm Durchmesser.

Die Spulen der Elektromagnete sind aus Wachsdraht gewickelt und zwar alle in demselben Sinne. Die Spulen von *D*, *E*, *F*, *G* haben 40 Windungen in 5 Lagen, die übrigen 42 Windungen in 3 Lagen. Die Windungen an der Außenseite des durch die Kerne gebildeten Rahmens liegen über den Fugen der darunter liegenden Windungen, wie das in Fig. 3 hervortritt. Die Spulen sind so miteinander verbunden, daß sie in Reihe liegen. Die Klemmen für den Stromanschluß befinden sich an der Unterseite des Brettes; eine davon, *R*, ist in Fig. 2 sichtbar.

Mitten durch die Zwischenräume der Elektromagnete führt je eine Drahtschleife aus 0,18 mm starkem blanken Kupferdraht. Sie verbinden die Klemmen *K* und *N*, *L* und *O*, *M* und *P*, von denen *K*, *L* und *M* durch einen Messingdraht untereinander und mit der Klemme *Q* verbunden werden können. Die Schleifen werden straff gespannt durch die Spanschrauben (links in den Fig. 1 und 2) und in der richtigen Lage bei 1 mm Entfernung ihrer Hälften durch zwei Stege *H* und *I* gehalten, die zwischen sich einen Abstand von 75 mm lassen. In der Mitte des zylindrischen Raumes zwischen den Kernen ist auf den Drähten ein kreisförmiger Spiegel von 10 mm Durchmesser befestigt.

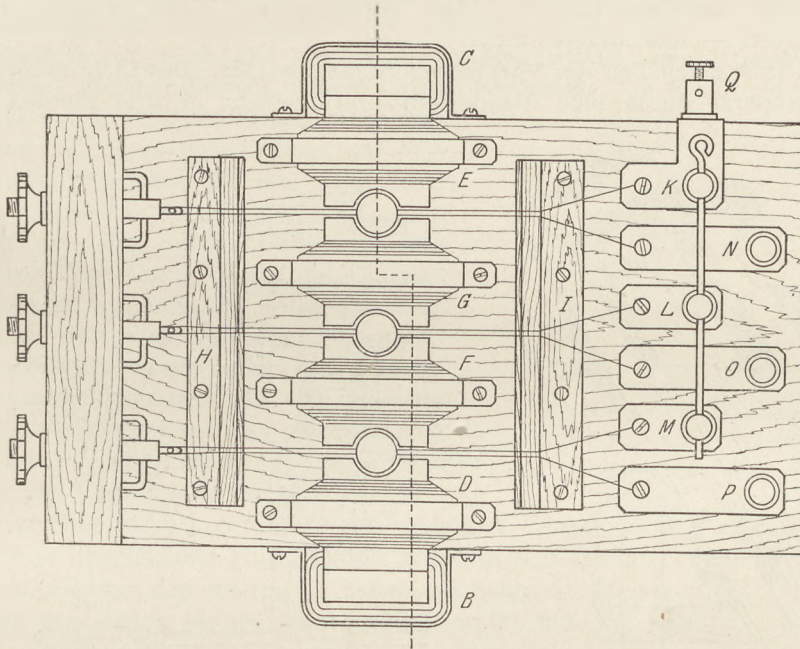


Fig. 1.

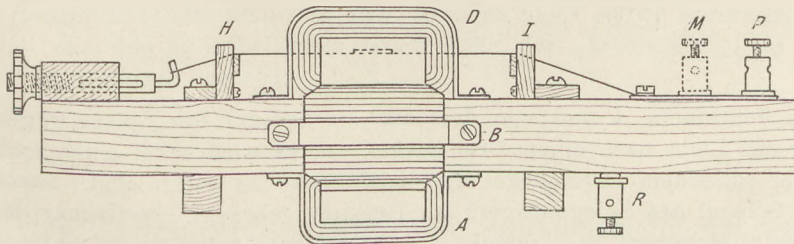


Fig. 2.

Mittels eines Zapfens an der Unterseite des Brettes (siehe Fig. 3) wird der Apparat so aufgestellt, daß die Breitseite des Brettes mit der Horizontalebene einen Winkel von 60° bildet.

Der Spiegelträger ist in Fig. 4 in der Ansicht *B* und dem Längsschnitt *C* dargestellt. Die drei Spiegel von 60 mm Länge und 40 mm Breite gestatten dreifache Bewegung: Jeder Spiegel kann in einem Rahmen um eine Horizontalachse gedreht werden, der Rahmen ist um einen vertikal in einer Leiste steckenden Stift drehbar, und die Leiste ist horizontal im Gestell verschiebbar. Außerdem können alle drei Spiegel zugleich in geringem Maße durch den das Gestell tragenden Zapfen in vertikaler Richtung verschoben werden.

Im bisherigen ist der vom Verfasser angefertigte Apparat beschrieben. Natürlich kann manches anders und besser gemacht werden, als es hier geschehen ist. So kann die Gesamtheit der Kerne *A*, *B* und *C* aus einem Stück gebogen werden, und die Kerne *D*, *E*, *F* und *G* können auf einem Streifen Messingblech befestigt sein, so daß dieser Streifen mit innerhalb der Spulen liegt. Dadurch wird eine weit bequemere Art der Wickelung und der Befestigung der Kerne zwischen den Stücken *B* und *C* und am Brette erzielt, als es bei getrennten Elektromagneten möglich ist. Statt des Wachsdrahtes nimmt man besser sogenannten Magnetdraht, wobei man aber peinlich darauf achten muß, daß er gut von den Eisenkernen isoliert ist. Die Stege *H* und *I* können näher zusammenrücken*). Der Schleifendraht kann wesentlich dünner gewählt werden — und anderes mehr.

Fig. 4 gibt einen Teil der Versuchsanordnung wieder. Das Licht fällt aus einem Projektionsapparat durch eine Blende mit drei Löchern in drei Bündeln auf die

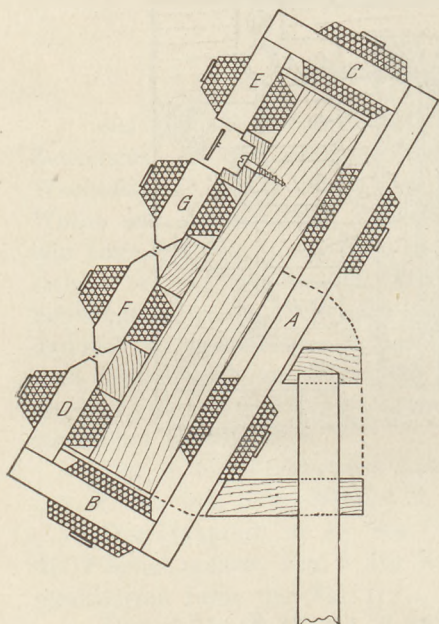


Fig. 3.

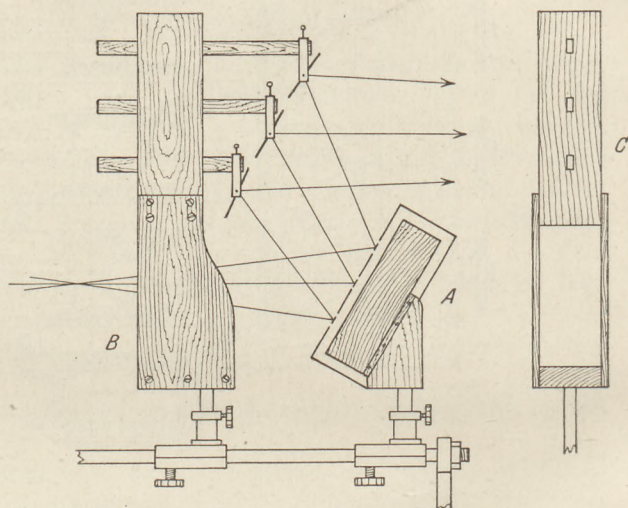


Fig. 4.

Spiegel des Schreibers *A* und von dort auf die Spiegel des Spiegelträgers. Diese reflektieren das Licht nach einem Drehspiegel, der es wieder auf einen Schirm wirft, auf dem bei ruhendem Drehspiegel drei Lichtflecke zu sehen sind. Diese werden mittels der Spiegel des Spiegelträgers zur Deckung gebracht. Speist man die Elektromagnete mit Gleichstrom und schickt man durch die Schleifen Wechselströme, so entstehen auf dem Schirme bei rotierendem Drehspiegel drei Sinuskurven.

Das Nähere ist in der eingangs angezogenen Arbeit ausgeführt, und darum mögen hier nur einige Ergänzungen Platz finden.

Um den Drehstrom in Sternschaltung zur Darstellung zu bringen, steckt man durch die Klemmen *K*, *L* und *M* einen Messingdraht und verbindet die drei Phasen mit den Klemmen *N*, *O* und *P*. — Scheidet man eine Phase aus, so vereinigen sich

*) Verfasser hat den permanenten Magneten eines Meßinstrumentes zum Bau eines Demonstrations-Oszillographen verwandt, bei dem die schwingenden Drahtteile bei 0,18 mm Dicke 40 mm lang sind. Die Polschuhe sind dabei auch für den Spiegel ausgehöhlt, um für die Mehrzahl der Kraftlinien den Luftweg möglichst kurz zu machen. Trotz der Dicke des Schleifendrahtes leistet der Oszillograph Vorzügliches.

die Ströme der beiden anderen zu einem Strome. Verbindet man dann die Klemme Q mit der Erde, so zeigen die beiden Kurven einen Phasenunterschied von 120° .

Zur Darstellung der Induktion und der Selbstinduktion steckt man den Messingdraht nur durch die Klemmen K und L und verbindet die Klemme Q mit der Erde. Man teilt einen Wechselstrom, verbindet den einen Teilstrom, nachdem er durch eine Spule aus dickem Kupferdraht (Primärspule) geflossen ist, mit der Klemme O , den andern mit der Klemme N ; die Enden einer Spule aus dünnem Draht (Sekundärspule), die über die Primärspule geschoben ist, führt man zu den Klemmen M und P . Man erhält auf dem Schirme die Stromkurve, die Spannungskurve und die Kurve des Induktionsstromes.

Schließlich sei noch auf ein Verfahren hingewiesen, den Phasenunterschied zweier Ströme gleicher Periode angenähert zu bestimmen. In Fig. 5 oben sind zwei

Ströme i und i_p durch Teile ihrer Kurven dargestellt, wie sie durch den Apparat auf dem Schirme erzeugt werden können. Man dreht am Spiegelträger den Spiegel, der die Kurve i_p hervorruft, um seine Horizontalachse, bis der Scheitelpunkt der Kurve i_p auf der Kurve i liegt (Fig. 5 unten); das ist sehr genau zu beobachten. Hält man nun den Drehspiegel an, so werden die Sinuskurven zu zwei Lichtstreifen zusammengezogen, die sich teilweise decken. Die Kurve i sei zum Streifen AB und die Kurve i_p zum Streifen DE geworden. Man mißt am Schirme die Strecken AD und

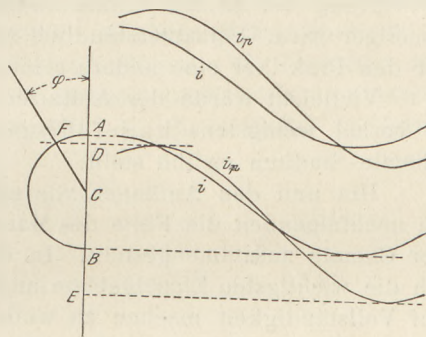


Fig. 5.

BD und zeichnet die Figur $A DB$ im richtigen Verhältnis der Strecken. Macht man AB zum Durchmesser eines Kreises mit dem Mittelpunkte C und errichtet in D das Lot auf AB , das den Kreis in F schneiden möge, so ist $\varphi = \angle FCA$ der Phasenunterschied der beiden Ströme. Rechnerisch ergibt sich

$$\cos \varphi = \frac{BD - AD}{BD + AD}.$$

Die Herren Fachgenossen, die den Apparat nicht selber anfertigen möchten, können ihn von den Physikalischen Werkstätten der „Erforschung des Erdinnern G. m. b. H.“ in Göttingen beziehen.

Über das Chemiestudium und eine systematische Einteilung der gesamten chemischen Disziplinen.

Von

Dr.-Sug. Paul Verbeek in Breslau.

Ein berühmter Hochschulprofessor pflegte in der ersten Vorlesung seines Kollegs über anorganische Chemie zu sagen: „Er bewundere den Mut der Studenten, daß sie heute noch anfangen, Chemie zu studieren, weil diese mit der Zeit ins Riesenhafte angewachsene Disziplin enorme Anforderungen an den Fleiß, die Ausdauer und das Gedächtnis der Studierenden stelle“.

Der Abiturient weiß aber gewöhnlich nicht, was er mit seinem Entschluß, Chemie zu studieren, begonnen hat. Er kann es auch gar nicht wissen, weil in den Schulbüchern der Chemie eine vollständige und systematische Übersicht des Gesamt-

gebietes nebst einer kurzen, aber klaren Erläuterung über den Umfang und die Bedeutung der einzelnen Gebiete fehlt.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß mancher naturwissenschaftlich veranlagte Schüler, der sich anfänglich für die Experimentalchemie — hauptsächlich wohl infolge der anziehenden, selbst unternommenen oder vorgeführten Experimente — begeistert hat, später, wenn das Gebiet trockner, umfangreicher und schwieriger wird, die Lust und Liebe zur Chemie verliert und dann „umsattelt“ oder nur ein halber Chemiker wird, zumal es sich nicht um die Chemie allein handelt, sondern das Mitstudium von mehreren anderen Disziplinen, z. B.: Theoretische und praktische Physik, höhere Mathematik, Maschinenlehre, Skizzieren und technisches Zeichnen, mechanische Technologie, Elektrotechnik, Botanik und botanische Rohstofflehre, Mineralogie und Geologie, zum genaueren Verständnis der Chemie sowie zur Beantwortung der in der Praxis an den Chemiker herantretenden Fragen immer notwendiger wird. Selbstverständlich wird die Betonung der einzelnen Nebendisziplinen für den Praktiker eine andere sein müssen wie für den Theoretiker.

Vielleicht würde der Abiturient ein anderes Studienfach gewählt haben, wenn er vorher wenigstens ungefähr gewußt hätte, welche großen Anforderungen das Chemie-Studium an ihn stellt.

Um nun den Anfänger vor späteren Enttäuschungen zu bewahren, habe ich im nachfolgenden die Fülle des Materials in einer möglichst vollständigen Einteilung der Chemie zusammengestellt. In der Rubrik „Technische Chemie“ (s. B. IX) habe ich die wichtigsten Einzelgebiete angeführt, ohne in dieser Beziehung einen Anspruch auf Vollständigkeit machen zu wollen. Dem jeweiligen Lehrer oder Verfasser eines Lehrbuches der Chemie muß es überlassen bleiben, die zu der Einteilung erforderlichen Erläuterungen zu geben.

Einteilung der Chemie.

A. Reine Chemie.

- I. *Theoretische Chemie.* a) Anorganische Chemie. — b) Chemie der Kohlenstoffverbindungen (Organische Chemie). — c) Anorganisch-Organische Verbindungen. — d) Allgemeine und Physikalische Chemie: 1. Stöchiometrie. 2. Verwandtschaftslehre. 3. Thermochemie. 4. Elektrochemie. 5. Photochemie. 6. Radiochemie. 7. Kolloidchemie. — e) Geschichte der Chemie.
- II. *Praktische Chemie.* a) Analytische Chemie: 1. Qualitative Analyse und Spektroskopie. 2. Quantitative Analyse. α) Gewichtsanalyse (gravimetrische Methoden). β) Maßanalyse (volumetrische oder Titrimethoden). γ) Elektroanalyse. δ) Optische Analyse (Kolorimetrie, Mikrometrie, Refraktometrie, Polarimetrie, Spektrometrie). ϵ) Gasanalyse. — b) Synthetische Chemie. — c) Präparative Chemie: Darstellung und Reinigung von Präparaten; Aufarbeitung von Rückständen.

B. Angewandte Chemie.

- I. *Mineralogische und Geologische Chemie.*
- II. *Physiologische Chemie.* a) Biochemie des Menschen, der Tiere und Pflanzen. — b) Pathologische Chemie desgl.
- III. *Prophylaktische Chemie (Hygiene und Desinfektion).*
- IV. *Pharmazeutische Chemie.*
- V. *Nahrungs- und Genussmittelchemie.*
- VI. *Küchen- und Haushaltchemie.*
- VII. *Agrikulturchemie (Landwirtschaftliche Chemie).*
- VIII. *Gerichtliche (forensische) Chemie.*

- IX. *Technische Chemie und Chemische Technologie.* a) Anorganisch. 1. Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure. 2. Ätzkalk, Soda, Ätzalkalien. 3. Chlor und Chlorkalk. 4. Düngemittel. 5. Luftstickstoff. 6. Glas, natürliche und künstliche Baustoffe, Tonwaren, Majolika, Porzellan. 7. Tonerde und Tonerdeverbindungen. 8. Anorganische Farben. 9. Natürliche und künstliche Wässer. 10. Seltene Erden. 11. Metalle und Legierungen (Metallurgie). 12. Elektrometallurgie, Galvanostegie, Galvanoplastik. 13. Sonstige Gebiete. — b) Anorganisch und Organisch. 1. Ballongase. 2. Heiz-, Kraft- und Leuchtstoffe. 3. Sprengstoffe und Zündwaren. 4. Sonstige Gebiete. — c) Organisch. 1. Mineralöle (Petroleum, Erdwachs, Asphalt usw.). 2. Gärungsgewerbe (Bier, Wein, Alkohol, Essig usw.). 3. Öle, Fette und Wachsarten (Seife, Kerzen usw.). 4. Cyanverbindungen. 5. Kohlehydrate. — α) Stärke, Dextrin usw. β) Zucker. γ) Zellulose, Papier. — 6. Kunstseide. 7. Steinkohlenteer. 8. Organische Farbstoffe. 9. Textilindustrie (Gespinnstfasern, Garne, Gewebe, Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, Appretur, Reinigerei). 10. Riechstoffe, ätherische Öle, Terpene und Kampfer. 11. Gerbstoffe und Tinten. 12. Tierische Stoffe (Leim, Horn, Leder, Gerberei usw.). 13. Firnisse, Lacke, Harze, Kautschuk, Guttapercha. 14. Alkaloide. 15. Glykoside. 16. Eiweißstoffe. 17. Enzyme und Fermente. 18. Sonstige Gebiete.

Das sind im ganzen 65 verschiedene Abteilungen.

Kleine Mitteilungen.

Betrachtungen zum Keil, zum Hebel und zum Böschungswinkel.

Von A. Stroman in Friedberg (Hessen).

1. Der Keil wird in den meisten Lehrbüchern ziemlich kurz abgehandelt. Viel Zeit wird man ihm bei der Fülle des Stoffes auch nicht zuwenden dürfen. Andererseits bietet er so viel Interessantes, daß man Schüler, die zur Selbsttätigkeit neigen, recht wohl darauf verweisen darf, sich etwas näher mit ihm zu beschäftigen.

Meist findet man das Keilgesetz abgeleitet an einer Zeichnung etwa wie Fig. 1 (a). Eine Kraft P , die senkrecht zum Rücken $AB = R$ des Keiles wirkt, ist zerlegt in zwei Kräfte Q , senkrecht zu den Seiten S (AC und BC) des Keiles. Beim Zeichnen ist absichtlich von den Kräften Q ausgegangen worden, damit die gepfeilten Strecken auf den Seiten des Keiles endigen. Es wird dann die Proportion aufgestellt

$$P:Q = R:S.$$

Wenn man aber im Unterrichte fragt: „Warum kommt denn die Größe Q nur einmal in der Proportion vor? — Es sind doch zwei Seitenkräfte Q vorhanden“, — so wird man selten eine Antwort bekommen. Ich habe es deshalb in der Figur so dargestellt, daß die eine Kraft Q gegen ein festes Widerlager gerichtet ist und nur die andere Kraft Q bei der Bewegung des Keiles seitlich einen Widerstand überwinden könnte. So wird dem Schüler klar, daß das Gegenwirkungsprinzip nicht beachtet worden war. In Fig. 1 (b) ist die Sache noch einmal anders dargestellt. Eine Kraft Q , die auf die linke Seite des Keiles wirkt, ist zerlegt in zwei Seitenkräfte Q_1 und P . Davon drückt Q_1 gegen das Widerlager, und der Kraft P muß das Gleichgewicht gehalten werden durch eine gleichgroße Kraft, die senkrecht auf den Keilrücken wirkt.

Klarer werden die Verhältnisse noch, wenn man dazu übergeht, die Arbeit des Keiles zu verfolgen. In Fig. 2 ist angenommen, daß der Keil ABC einseitig an

einem Widerlager entlanggeglitten ist bis in die Lage $A' B' C'$. Dann ist ab der Kraftweg (W_P) und cd der Lastweg (W_Q).

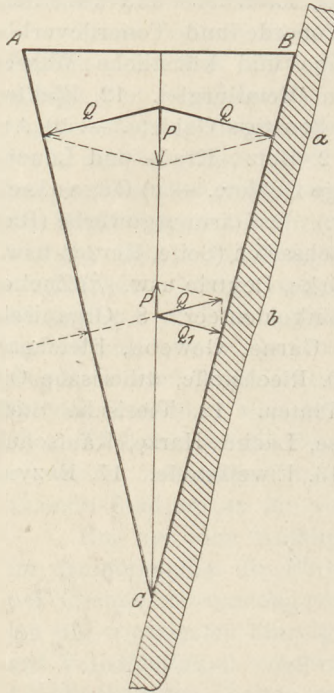


Fig. 1.

$$ab = Ae = W_P \quad \text{und} \quad ec = \frac{W_Q}{2}$$

$$\triangle Ace \sim \triangle CaA$$

$$ec : Ae = Aa : AC$$

$$\frac{W_Q}{2} : W_P = \frac{R}{2} : S$$

$$W_Q : W_P = R : S$$

$$P : Q = R : S.$$

Denkt man sich den Keil ABC (Fig. 3) so eingetrieben, daß er sich in der Richtung aC bewegt, so arbeiten beide Kräfte Q . Da in Fig. 3 auch die ursprüngliche Lage des Keiles, wie er in Fig. 2 am Widerlager entlang glitt, durch gestrichelte Linien angedeutet ist, so ersieht man schon ohne weiteres aus der Figur, daß jede Kraft Q nur den halben Weg ($m A'$ und $n B'$) arbeitend zurücklegt.

$$Q \cdot m A' + Q \cdot n B' = Q(m A' + n B') = Q \cdot o A'$$

$$ab = A A' = \text{Kraftweg.} \quad o A' = \text{Lastweg.}$$

$$\triangle o A A' \sim \triangle A B C$$

$$o A' : A A' = R : S$$

$$W_Q : W_P = R : S$$

$$P : Q = R : S.$$

Ein weiterer Fall darf vielleicht deshalb noch angeführt werden, weil sich hierbei Wirkung und Gegenwirkung innerhalb des Keiles aufheben. Denkt man sich

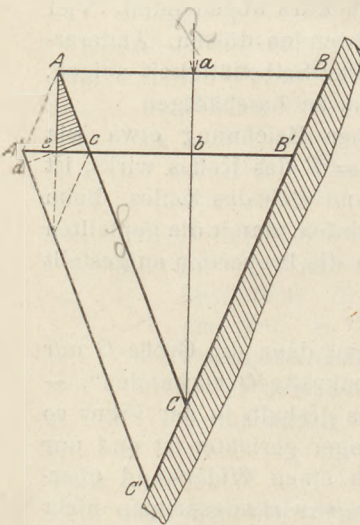


Fig. 2.

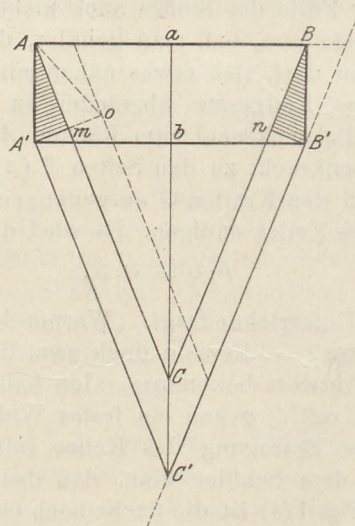


Fig. 3.

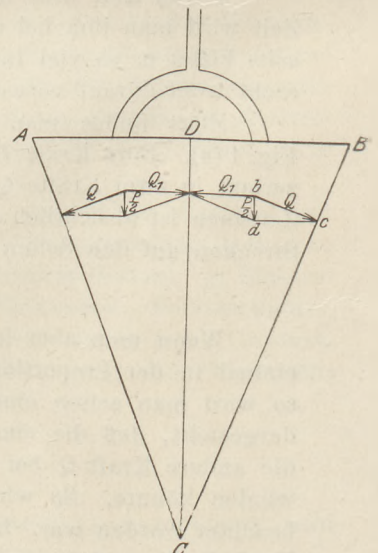


Fig. 4.

die Kraft mittels eines Gabelstückes (Fig. 4) auf den Rücken des Keiles wirkend, so daß auf jede Keilhälfte $\frac{P}{2}$ wirkend gedacht werden kann, so zerlegt sich jedes $\frac{P}{2}$ in einen Druck Q senkrecht zur Seite des Keiles und einen zweiten Druck Q_1 senk-

recht zur Mittellinie. Diese beiden Drucke Q_1 heben sich auf. Die Figur ist um der Anschaulichkeit willen wieder so konstruiert, daß die Kraftpfeile Q auf den Seiten, die Kraftpfeile Q_1 auf der Mittellinie endigen.

$$\begin{aligned} \triangle BDC &\sim \triangle bdc \\ \frac{P}{2} : Q &= DB : BC = \frac{R}{2} : S \\ P : Q &= R : S. \end{aligned}$$

Wie oben gesagt, meine ich nicht, daß solche Überlegungen im Unterrichte viel Zeit wegnehmen sollen. Wenn man aber derbe, auf größere Entfernung sichtbare Zeichnungen bereithält und an ihnen auf diese und andere Möglichkeiten der Betrachtung hinweist, so werden einzelne Schüler sicher Anregung zu freier Tätigkeit empfangen.

2. An einem Hebel AB (a) mit dem Drehpunkte A greift im Punkte B eine Kraft P an (Fig. 5). Der zugehörige Hebelarm, die Senkrechte vom Drehpunkt auf die Richtung der Kraft, ist AD (a_1), das Drehmoment also $P \cdot a_1$. Zerlegt man P in

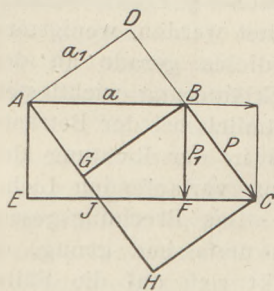


Fig. 5.

zwei Kräfte, von denen die eine in der Richtung des Hebels, die andere aber senkrecht zum Hebel wirkt, so kommt für die Drehung des Hebels nur diese letztere Kraft P_1 in Betracht. Der zugehörige Hebelarm ist a . Dann muß $P \cdot a_1 = P_1 \cdot a$ sein. In der Zeichnung ist $GB = AD$. Das Drehmoment von P wird also durch das Rechteck $BGHC$ dargestellt. Ebenso stellt das Rechteck $EFGA$ das Dreh-

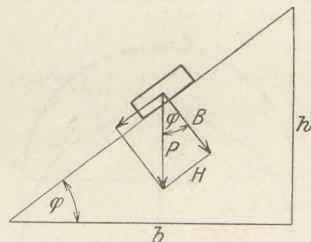


Fig. 6.

moment von P_1 dar. Beide Rechtecke sind aber inhaltgleich mit dem Parallelogramm $AJCB$. Also ist $P \cdot a_1 = P_1 \cdot a$. So läßt sich schon auf der Unterstufe geometrisch zur Darstellung bringen, was später mittels trigonometrischer Funktionen bewiesen wird.

3. Der Reibungskoeffizient wird auf der Oberstufe aus $P \cdot \sin \varphi = \mu \cdot P \cdot \cos \varphi$ bestimmt. Der Reibungskoeffizient ist gleich $\operatorname{tg} \varphi$ (Tangente des Böschungswinkels). Da das Vertrauen der Schüler wächst, wenn dasselbe Ergebnis auf verschiedene Art gewonnen wird, kann man schon auf der Unterstufe ohne Trigonometrie den Wert für μ vorbereiten. Die Reibung auf ebener Bahn ist bestimmt worden als das Produkt aus dem Reibungskoeffizienten und dem Drucke auf die Unterlage

$$R = \mu \cdot D \quad \mu = \frac{R}{D}.$$

Wenn nach allmählichem Heben der zunächst wagerechten Ebene der Böschungswinkel erreicht worden ist, so reicht der Hangabtrieb H (Fig. 6) gerade hin, um die Reibung zu überwinden. $R = H$. Der Druck auf die Unterlage aber ist nicht mehr gleich dem vollen Gewichte, sondern nur noch gleich dem Bodendrucke B . Also ist

$$\mu = \frac{H}{B} = \frac{h}{b}.$$

Dieser Wert kann dann später wieder herangezogen werden. Der Wert $\mu = \operatorname{tg} \varphi$ ist schon vorbereitet.

Über Luftspiegelung¹⁾.Von Dr. **Wilhelm Volkmann** in Berlin-Steglitz.

Unter dem Namen Luftspiegelung pflegt man sehr verschiedenartige Erscheinungen zusammenzufassen, denen das eine gemeinsam ist, daß ein Gegenstand durch vorübergehende Störungen der Lichtausbreitung in der Atmosphäre an einer anderen Stelle gesehen wird als gewöhnlich. Oft auch, besonders in älteren Büchern wird die Benennung auf die Fälle beschränkt, in denen der Gegenstand spiegelverkehrt gesehen wird und als Ursache für die Erscheinung Totalreflexion des Lichtes an der Grenze einer warmen und deshalb optisch weniger dichten Luftschicht angegeben. Die Unzulänglichkeit dieser Erklärung ist längst erkannt; es ist auch nachgewiesen worden, daß die Gesamtheit dieser Erscheinungen aus der Brechung des Lichtes ohne Schwierigkeit hergeleitet werden kann; es scheint aber, daß diese Untersuchungen wenig Beachtung gefunden haben, denn die überwiegende Mehrzahl der Physikbücher und Nachschlagewerke bringt noch die alte Deutung. Eine darauf hinweisende Zuschrift an die Schriftleitung ist der Anlaß zur nachfolgenden Darstellung.

Bei der ganzen Gruppe von Erscheinungen handelt es sich um Lichtbrechung, und doch können sie nicht aus dem Brechungsgesetz abgeleitet werden, wenigstens

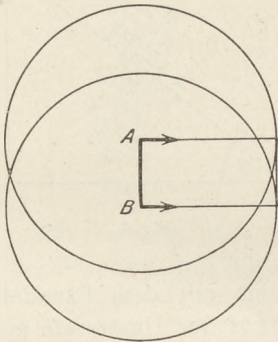


Fig. 1.

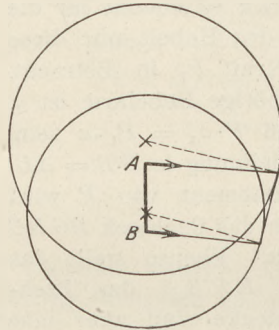


Fig. 2.

versagt dieses gerade an der für die Erläuterung wichtigsten Stelle, nämlich bei der Betrachtung des in der Richtung der Schichtung verlaufenden Lichtstrahles. Das Brechungsgesetz ist nicht umfassend genug, es beschränkt sich auf die Fälle, in denen in der Richtung des Lichtstrahles Unterschiede des Brechungsvermögens vorhanden sind, und muß deshalb versagen, wenn Unterschiede der Brechbarkeit quer zum Lichtstrahl die alleinige oder wesentlich überwiegende Ursache der Abweichung vom geraden Strahlengang sind. Wir müssen auf ein allgemeineres die Wellennatur des Lichtes berücksichtigendes Prinzip zurückgehen, um die Erklärung für die genannten Erscheinungen zu finden. Zugleich ist zu bedenken, das wir es nicht mit einem homogenen Medium, sondern mit einem geschichteten zu tun haben, wobei man sich die Schichten nicht scharf gegeneinander begrenzt, sondern stetig ineinander übergehend vorzustellen hat.

Es sei von einem sehr fernen Punkt Licht gleichzeitig zu den Punkten *A* und *B* und den Punkten der Geraden zwischen ihnen gelangt (Fig. 1 u. 2). Die Bestimmung,

¹⁾ *Anmerkung der Redaktion.* Herr Baurat Hensel in Hildesheim hat sich in einer längeren Zuschrift an die Redaktion gegen die übliche Erklärung der Luftspiegelung durch totale Reflexion gewendet. Er weist darauf hin, daß in der Regel keine scharfe Grenze von dichteren und dünneren Luftschichten vorliegt, sondern daß ein stetiger Übergang zwischen den verschiedenen warmen Schichten stattfindet. Demnach müsse der Lichtstrahl asymptotisch in einer Grenzfläche zwischen zwei unendlich wenig an Dichte verschiedenen Schichten verlaufen, es sei also kein Grund dafür ersichtlich, daß er den Weg nunmehr rückwärts in die dichteren Schichten einschlage. Der Einsender glaubt, die Schwierigkeit dadurch lösen zu können, daß er den Luftschichten keine ebenen, sondern konzentrisch zur Erdoberfläche liegende Kugelflächen als Grenzflächen zuschreibt. Er nimmt an, daß sich über welligen Sandflächen entsprechend wellige Grenzflächen der aufeinanderfolgenden Luftschichten bzw. Flächen gleicher Dichte ausbilden und glaubt in Beobachtungen, die er am Nordseestrande gemacht hat, eine Bestätigung dafür zu finden. Auf Ersuchen der Redaktion hat Herr W. Volkmann den Gegenstand in der obigen Mitteilung eingehender behandelt.

daß es gleichzeitig dahin gelangt sein soll, besagt, daß es auf dieser Linie überall in gleicher Schwingungsphase begriffen ist, daß diese Linie also zu einer bestimmten Zeit ein Teil der Wellenfront gewesen ist. Im homogenen Medium würde man das Weiterschreiten der Wellenfront nach dem durch Fig. 1 dargestellten Querschnitt voraussagen können. Jeder Punkt der Wellenfront ist nach dem Huygensschen Prinzip das Zentrum einer Kugelwelle, die in einer gewissen Zeit um die Strecke r , mit der um A und B Kreise gezogen sind, nach allen Richtungen vorrücken könnte, wenn nicht die benachbarten Teile der Wellenfront da wären. Diese Nachbarn beschränken die Ausbreitung des Lichtes auf die Richtungen, in denen Phasengleichheit herrscht, ein Kompromiß, das man Interferenz nennt. Ist die Wellenfront sehr ausgedehnt, so findet das Vorrücken nur in der Richtung auf das gemeinsame Tangentenstück aller mit dem Radius r um die Punkte der Strecke AB gezogenen Kreise statt. Die Fortpflanzung ist dann geradlinig in der zur Wellenfront senkrechten Richtung. Hat aber die Wellenfront geringe Ausdehnung (was durch eine Lochblende bewirkt werden kann) so finden sich noch andere Richtungen, in denen gebeugtes Licht fortgepflanzt wird. Beugung ist nichts anderes als ein Rest ursprünglicher Freiheit und tritt um so stärker auf, je engere Grenzen durch die Umstände dem Zwang, der Interferenz heißt, gesetzt sind. Der Name Beugung wird dem nicht gerecht, denn er erweckt die Vorstellung, als sei gerade in diesen Erscheinungen dem Licht Gewalt angetan.

Das Vorrücken der Welle im nicht homogenen Medium geschieht nicht in konzentrischen Kugeln und läßt sich nach Fig. 2 beurteilen. Es ist für die Figur angenommen worden, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes von oben nach unten abnimmt. Es würde also Licht von A aus in der gleichen Zeit nach rechts hin weiter vorrücken als nach unten, und noch weiter nach oben hin. Näherungsweise kann man die gleichzeitig erreichten Punkte durch eine exzentrische Kugel, deren Mittelpunkt über A liegt und durch ein Kreuz bezeichnet ist, andeuten. In der gleichen Zeit würde von einem leuchtenden Punkt B aus das Licht auf der Fläche einer kleineren exzentrischen Kugel ankommen, deren Mittelpunkt das Kreuz über B ist. Für die Punkte zwischen A und B ergeben sich in gleicher Weise näherungsweise Kugeln von Zwischengröße. Da nun die Gerade AB ein Teil des Querschnittes einer Wellenfront sein soll, der senkrecht zur Schichtung genommen ist, beschränkt die Interferenz das Fortschreiten des Lichtes auf die Richtung zu der gemeinsamen Tangente aller Kreise. Die Richtung ist in der Figur durch Pfeile angedeutet, sie ist weder senkrecht zur Wellenfläche noch zu der Tangente. Auf jeden Fall zeigt die Figur, daß das parallel zur Schichtung eintretende Licht allmählich in die optisch dichteren Schichten hinein gebrochen wird und daß die Krümmung des Lichtstrahles bestimmt wird durch das Brechungsgefälle, d. h. durch den Differentialquotienten des Brechungsquotienten mit der Höhe.

Ein Brechungsgefälle wird im allgemeinen nur in Grenzschichten einen beträchtlichen Wert haben, darüber und darunter werden homogene oder nahezu homogene Schichten sich befinden, in denen es gleich Null oder sehr klein ist. Da auch der Übergang der Grenzschicht in die beiden homogenen Schichten als stetig anzunehmen ist, haben wir von oben ausgehend erst ein zunehmendes, dann ein abnehmendes Brechungsgefälle. Demgemäß werden im oberen Teil der Übergangsschicht ursprünglich parallele Strahlen divergent, das in großer Ferne liegende Objekt erscheint näher und niedriger (gedrückt). In der unteren Hälfte der Übergangsschicht tritt das Umgekehrte ein, nahe Gegenstände erscheinen fern, ferne ungeheuer in die Höhe gedehnt. Nimmt aber das Brechungsgefälle schneller ab, so tritt in dieser unteren Hälfte etwas anderes ein. Die von einem Punkt des Objektes kommenden Strahlen überkreuzen sich und treten dann divergent ins Auge, das Objekt erscheint also spiegelverkehrt und genähert. Ist die Schichtung ungleichmäßiger als angenommen, so verwirrt sich auch die Erscheinung noch weiter.

Sämtliche durch das zum Lichtstrahl senkrechte Brechungsgefälle bedingten Erscheinungen lassen sich sehr bequem in der Diffusionsschicht mischbarer Flüssigkeiten von ungleichem Brechungsvermögen beobachten. Nimmt man Wasser und wässrige Salzlösung, so nimmt, wie in der Atmosphäre, die Lichtgeschwindigkeit von oben nach unten ab. Bequemer für den Versuch aber ist es, Wasser und Spiritus übereinander zu schichten, die Lichtgeschwindigkeit ist dann unten, der Brechungsindex oben am größten. Man bedient sich würfelförmiger oder rechteckiger aus Spiegelglasplatten zusammengesetzter Kästen von 3 bis 10 cm Seite und schichtet vorsichtig mit einem kapillar ausgezogenen oder mit Watte verstopften Trichter die beiden Flüssigkeiten übereinander. Je nach dem Gerät, das zum Einfüllen dient, kann es vorteilhafter sein, die leichtere Flüssigkeit, indem man sie an der Wand herabrinnen läßt, über die schwerere zu schichten, oder die schwerere unter die zuerst eingegossene leichtere unterzuschichten. Nach dem Einfüllen beider Flüssigkeiten läßt man das Gefäß ruhig stehen, mindestens eine halbe Stunde lang. Etwa 30 cm hinter das Gefäß stellt man ein schwarzes Papier, wie es zum Einwickeln photographischer Platten verwendet wird und heftet darauf einen weißen Papierstreifen von etwa 5 cm Breite und 1 bis 2 cm Höhe, dessen unterer Rand gerade, dessen oberer aber wie das Schattenbild einer schroffen Bergkette tief eingekerbt ist. Man beobachtet mit einem Auge aus etwa 30 cm Entfernung vom Glaskasten und sieht durch die Diffusionsschicht hindurch auf den weißen Papierstreifen. Mit dem Fortschreiten der Diffusion wechseln die Erscheinungen, man beobachtet also während mehrerer Stunden wiederholt. Es wird auch der spiegelverkehrte Anblick des Streifens erscheinen, und es ist aus den Versuchsbedingungen klar, daß er nicht durch Totalreflexion erklärt werden kann, denn unetwige, scharf begrenzte Schichten kann die Diffusion nicht hervorbringen.

Konstruktion der Brechung und Zurückwerfung für mehrere Strahlen, die in einem Punkte einer Ebene auftreten.

Von Prof. Dr. R. Glass in Leipzig.

Die beistehenden beiden Figuren bedürfen nur wenige Worte der Erläuterung. Gemeinsam ist ihnen, daß man auf beiden Seiten Streifen längs des Einfallslotes anbringt, deren Breite den Geschwindigkeiten des Lichtes in den betreffenden Mitteln entspricht. Auf diesen Breiten PX , PX' , PX'' bauen sich Einfalls-, Brechungs- und Zurückwerfungstreifen auf, für die XY , $X'Y'$, und $X''Y''$ der „Außenrand“ sind. In beiden Figuren kommen die einfallenden Strahlen von rechts oben nach P ; man benutzt von jedem das Stück zwischen dem Außenrand XY und P ; diese Strecke überträgt man.

Den Übergang in ein dichteres Mittel stellt Fig. 1 dar. Man schlage um P als Mittelpunkt mit PA , PB , PC als Halbmesser Kreisbögen, die den Außenrand $X'Y'$ des Brechungstreifens in A' , B' , C' schneiden. Zieht man von P aus durch A' , B' , C' . . . die Geraden, so hat man die gewünschten Strahlen; denn die Quotienten des sinus des Einfalls- und des zugehörigen Brechungswinkels sind stets gleich dem Quotienten $XP : X'P$.

Den Übergang in ein dünneres Mittel veranschaulicht Fig. 2. Während für PA , PB als Halbmesser noch ein Schneiden des Außenrandes $X'Y'$ eintritt, wird dies unmöglich, wenn PC , der Weg im Einfallstreifen, gleich der Breite PX' des Brechungstreifens wird. Der Einfallswinkel CPZ (der Grenzwinkel) möge γ heißen; es ist dann

$$\sin CPZ = \sin CPX = \sin \gamma = \frac{PX}{PX'} = \frac{c}{c'}$$

Wir haben jetzt aber noch den Außenrand des Zurückwerfungstreifens, der in Fig. 1 nicht angedeutet worden ist, übrig. Dieser Außenrand $X''Y''$ wird nunmehr

durch die Bogen, deren Halbmesser kleiner als PC ist, getroffen; für $DP, EP \dots$ findet die totale Reflexion statt.

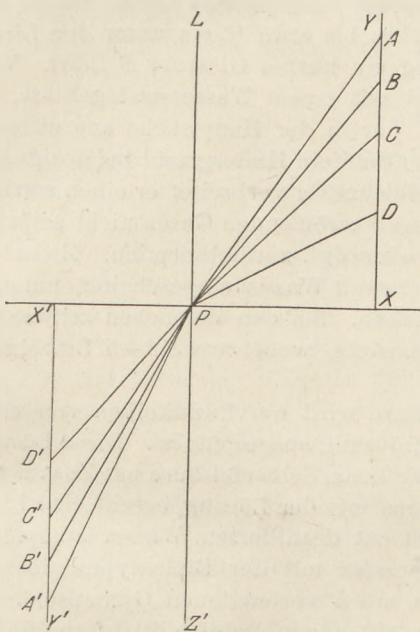


Fig. 1.

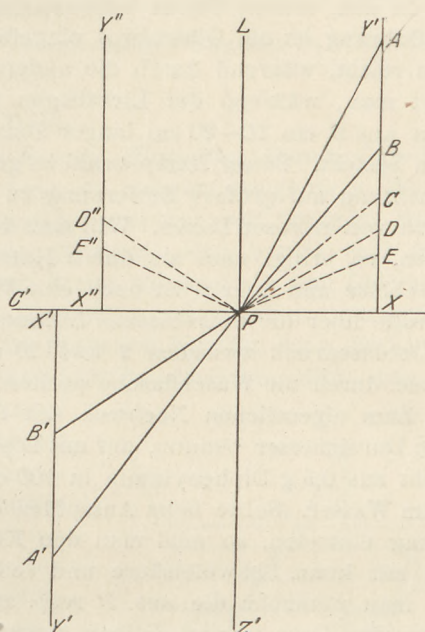


Fig. 2.

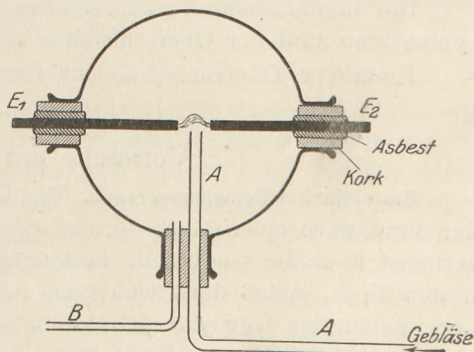
Denkt man sich in Fig. 2 die untere Hälfte weg, so hat man das Bild für die Zurückwerfung vieler Strahlen, die in einem Punkte auftreten; ein Bild, das fast mühelos gewonnen wird.

Die Gewinnung von Salpetersäure aus Luftstickstoff mit Hilfe des Lichtbogens.

Von Dr. F. Keutel in Hannover.

In dieser Zeitschr. ist bereits im 24. Jahrgang S. 308 f. ein ausführliches Referat über die technische Seite des Problems veröffentlicht worden, ferner ist im 25. Jahrgang S. 176 f. eine Versuchsanordnung angegeben, welche sich wohl für den vorliegenden Zweck im Unterricht eignet. Wenn ich trotzdem im folgenden eine etwas geänderte Anordnung beschreibe, so geschieht das in der Absicht, den Versuch vor allem dadurch wirkungsvoller zu gestalten, daß die Bildung der Salpetersäure im Lichtbogen auch einer größeren Klasse in wenigen Augenblicken gezeigt werden kann.

In einem dreifach tubulierten Kolben sind durch die beiden seitlichen Öffnungen die Elektroden E für den Lichtbogen hindurchgeführt. Beide bestehen aus 5 mm dicken Messingstäben, die an der Einführungsstelle mit Asbestpapier bekleidet und in Korkstopfen mit einiger Reibung verschiebbar sind. Außer Messingelektroden habe ich noch solche aus Kohle und Eisen benutzt, die jedoch in der vorliegenden Versuchsanordnung Messing gegenüber verschiedene Nachteile aufweisen. Vor allem reißt an Messingelektroden bei verhältnismäßig großer Bogenlänge der Lichtbogen nicht so leicht ab. Die Bogenlänge betrug bei 2 Amp. Stromstärke etwa 1 cm. Beim Brennen



entwickeln sich gelbbraune Dämpfe, die auch auf größere Entfernung leicht wahrgenommen werden können.

In dem dritten Tubus befindet sich ein doppelt durchbohrter Kork. Durch die eine Bohrung ist ein Glasrohr *A* eingeführt, welches bis etwa $\frac{1}{2}$ cm unter den Lichtbogen reicht, während durch die andere Bohrung ein kurzes Glasrohr *B* führt. Verbindet man, während der Lichtbogen brennt, *A* mit einem Wasserstrahlgebläse, so strömt aus *B* ein 10–20 cm langer Dampfstrahl, der in der Hauptsache aus nitrosen Gasen besteht. Dieser Dampfstrahl ist gegen einen dunkeln Hintergrund bei geeigneter Beleuchtung auf größere Entfernung zu sehen, gleichzeitig verbreitet er einen starken Geruch von nitrosen Gasen. Will man von den aus *B* strömenden Gasen nicht belästigt werden, so bringt man sie durch Natronlauge oder dgl. zur Absorption. Zwischen das Gebläse und Rohr *A* ist noch eine Waschflasche mit Wasser eingeschaltet, um eine Kontrolle über die eingeblasene Luftmenge zu haben. Bei den Versuchen schwankte der Gebläsedruck zwischen 2 und 20 cm Wassersäule, wobei etwa 1–5 Luftblasen pro sec. durch die Waschflasche perlen.

Zum eigentlichen Nachweis der Salpetersäure wird ein Rundkolben von etwa 25 cm Durchmesser benutzt, der mit Diphenylaminlösung ausgespült ist. Diese Lösung besteht aus 0,5 g Diphenylamin in 100 ccm reiner konz. Schwefelsäure mit Zusatz von 20 ccm Wasser. Sollte beim Ausspülen des Kolbens mit der Lösung bereits eine Blaufärbung eintreten, so muß man den Kolben erst mit destilliertem Wasser ausspülen, dann mit konz. Schwefelsäure und schließlich wieder mit der Diphenylaminlösung. Läßt man nunmehr die aus *B* resp. aus einem mit *B* verbundenen Gummischlauch strömenden Gase in den Kolben einströmen, so tritt augenblicklich Blaufärbung ein und zwar so stark, daß bereits nach 10–20 sec der Kolben tiefdunkelblau bis undurchsichtig erscheint.

Will man aus irgend welchen Gründen im Unterricht kein Diphenylamin benutzen, so nimmt man am zweckmäßigsten ein größeres Stück blaues Lackmuspapier und läßt die aus *B* strömenden nitrosen Gase aus kurzer Entfernung gegen das nur schwach angefeuchtete Lackmuspapier strömen. Starke Rotfärbung tritt dann innerhalb weniger Sekunden ein.

Außer Salpetersäure kann man mit der beschriebenen Versuchsanordnung auch leicht die Entstehung von salpetriger Säure nachweisen, entsprechend der Gleichung



Man benutzt dazu die Abscheidung von Jod aus einer mit Stärke versetzten Jodkaliumlösung, wobei eine Blaufärbung durch Jodstärke nach einiger Zeit eintritt.

Die beschriebene Versuchsanordnung wurde im chemischen Laboratorium des Gymnasiums und der Oberrealschule zu Hameln ausgeführt.

Hannover, Oberrealschule am Clevertore.

Versuche mit einfachen Mitteln.

Ein einfacher Schwimmversuch. Von E. Magin in Hamburg (Oberrealschule St. Georg)
Man beschwere einen Kork so, daß er nahezu im Wasser schwebt, aber noch um ein Geringes über die Oberfläche herausragt. Dann stecke man eine Nadel ganz leicht in den Kork, sodaß diese sich ganz unter Wasser befindet. Man regele die an den Kork gehängten Gewichte jetzt derart, daß der Körper nur um ein ganz Geringes leichter ist als Wasser. Stößt man die Nadel nun tiefer in den Kork, so wird der Körper bei einer bestimmten Stellung der Nadel dasselbe spezifische Gewicht erhalten wie das Wasser und sich in jeder Höhe halten können. Stößt man die Nadel noch tiefer hinein, so wird der Körper untersinken.

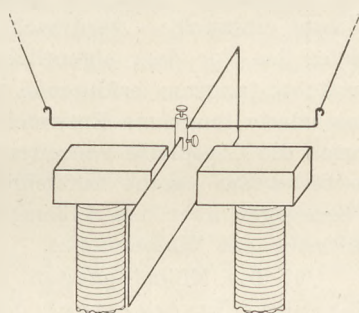
Bei den verschiedenen Stellungen der Nadel wird das Gewicht des Körpers dasselbe sein. Das Volumen hingegen wird bei tiefer hineingestoßener Nadel verkleinert. Der Kork wird durch die hineingesteckte Nadel ein wenig zusammengepreßt;

selbst wenn er sich ein wenig erweitern sollte, wird diese Erweiterung nicht so viel betragen, als der Körper an Gesamtvolumen durch die hineingestoßene Nadel verloren hat. Das spezifische Gewicht wird also vergrößert.

Es liegt nahe, die Vorrichtung mit dem Cartesianischen Taucher zu vergleichen.

Für die Praxis.

Selbstanfertigung eines v. Waltenhofenschen Pendels. Von Paul Hanck Pasewalk. Das zur Demonstration der Foucaultschen Ströme am meisten geeignete v. Waltenhofensche Pendel ist ein verhältnismäßig kostspieliger Apparat, mit geringen Mitteln und leichter Mühe kann man es jedoch selbst anfertigen. Man nimmt eine rechteckige Kupferplatte von 11 cm Länge und 3,5 cm Breite, wie man sie zum Zusammenetzen von Elementen braucht, und eine zum Verbinden von Blechen und Drähten dienende Klemmschraube. In dem Einschnitt der Schraube befestigt man die Kupferplatte in der Mitte der längeren Seite, und durch die Durchbohrung führt man, wie die Figur zeigt, einen etwa 10 cm langen stärkeren Messingdraht, dessen Enden zu Ösen umgebogen werden. Geeignet sind natürlich nur solche Klemmschrauben, bei denen die Richtung der Durchbohrung auf der durch den Einschnitt bestimmten Ebene senkrecht steht; bei manchen der in den Handel gebrachten Schrauben sind beide gleichgerichtet. Um die Ösen des Drahtes schlingt man zwei Fäden, mit denen man die Vorrichtung an einem Stativ, etwa einem Weinholdschen Rahmen-gestell, so aufhängt, daß die Kupferplatte zwischen den Polschuhen eines starken Elektromagneten schwingen kann. Nähert man nun die Polschuhe bis auf ungefähr 6 mm und versetzt das Pendel in Schwingungen, so werden diese bei Stromschluß fast momentan gehemmt.



Verschiebt man den Elektromagneten so, daß nicht die Mitte, sondern das eine Ende der Kupferplatte sich zwischen den Polschuhen befindet, so wird die in der Ruhelage befindliche Platte bei Stromschluß aus dem magnetischen Feld herausgetrieben, beim Öffnen des Stromes dagegen hineingezogen. Ersetzt man die Platte durch eine kammartig eingeschnittene, was leicht zu bewerkstelligen ist, so sind die genannten Erscheinungen aus bekannten Gründen nicht zu beobachten.

In Ermangelung eigentlicher Polschuhe benutzte ich zu den beschriebenen Versuchen mit gutem Erfolge zwei Eisenquader, die als Vorlegeanker für ein Paar Stabmagnete dienen.

Bemerkungen zu einigen Versuchsanordnungen.

Von Prof. Dr. F. Küspert in Nürnberg.

1. Um die geringe Dichte des Wasserstoffes zu zeigen, dürfte es nicht nötig sein, dem mit Stopfen, Knieröhren und Quetschhähnen ausgerüsteten Kolben durch ein Drahtgehänge die Stellung eines Luftballons zu geben (Heumann) — es muß auch mit der einfach auf die Wage gestellten Vorrichtung gehen! Wer über eine Arendtsche oder Ruepprechtsche Demonstrationswage oder sonst ein geeignetes Modell verfügt, kann noch einfacher verfahren, indem er (Arendt-Doermer, S. 277) ein auf dem Schalenring stehendes umgestülptes Becherglas entsprechend austariert und dann Wasserstoff von unten einströmen läßt. Da aber dem denkenden Schüler Zweifel wegen der Beweiskraft des Versuchs kommen können, weil er nicht mit Unrecht die mechanische Stoßwirkung des Gasstrahles verantwortlich machen wird, ziehe ich es vor, einen mit Wasserstoff gefüllten Zylinder (zunächst verschlossen) aufrecht unter die Mündung des umgestülpten Becherglases zu stellen und nach Wegnahme der Verschlußplatte dem „ruhenden“ Gase das Weitere zu überlassen. Man hat dabei den Vorteil, den Versuch von dem vorher schon bewiesenen raschen Verschwinden des

Wasserstoffes aus einem richtig stehenden Gefäß unmittelbar ableiten, ihn sogar „finden lassen“ zu können.

2. Die Zündung strömenden Wasserstoffes durch Platinschwamm läßt meines Erachtens eine unvollkommene Auffassung über die Rolle des Sauerstoffes bestehen; die Unzulänglichkeit wird vermieden, wenn man die Grenzschichten des Wasserstoffes sowohl im aufrechten wie im umgestülpten Zylinder mit dem Platinschwamm gleichsam abtastet.

3. Obwohl vielleicht schon öfter als durch Heumann auf die Verwendbarkeit eines mit Gips verschlossenen Vorstoßes oder eines Glockentrichters für Diffusionsversuche hingewiesen ist, sei doch wiederholt auf die fast mühelose Gewinnung einer derartigen Vorrichtung aufmerksam gemacht, die sich durch Ausstechen von dünn ausgestrichenem zähen Gipsbrei (auf Glasplatte), Antrocknenlassen, Fertigtrocknen bei aufrechter Stellung des Glockentrichters und Dichtung des Randes durch Picein leicht herstellen läßt. Überstülpen eines in der pneumatischen Wanne oder sonstwie mit Wasserstoff gefüllten Gefäßes — während der Stiel des Glockentrichters im Wasser eintaucht — verursacht einen gut sichtbaren Blasenstrom. Im Schülerversuch bietet das vor dem eigentlichen Experiment bis zum hydrostatischen Gleichgewicht zunächst langsam erfolgende Aufsteigen des Wassers im Stielrohr ein gutes Maß für das relativ langsame Entweichen der Luft. Hat das Eindiffundieren des Wasserstoffes durch die Gipsplatte vonseiten des übergestülpten Becherglases sein Ende gefunden, so bietet das rasche Aufsteigen des Binnenwassers im Rohr und sein beträchtliches Übersteigen über den Außenspiegel einen doppelt anschaulichen Beleg für die rasche Diffusion des Wasserstoffes.

4. Die Mißhelligkeiten, welche sich hie und da einstellen, wenn man beim Natrium-Wasserversuch des oft boshaft genug ausweichenden Natriumkügelchens glücklich habhaft geworden ist, um es dann mit dem Drahtnetzlöffel gar unters Wasser zu drücken, können anscheinend — nach etwa 20 gutgelungenen Versuchen zu schließen — gefahrlos beseitigt werden, wenn man das Natrium in ein weiches Stückchen Kupfer- oder Messingdrahtnetz gut einwickelt und es so beschwert in einen mit Wasser gefüllten Vorlesungszylinder wirft. Nach dem Vorversuch, der die Gasentwicklung überhaupt zeigt, kann man einen irgendwie festgehaltenen Trichter umgestülpt in die obere Wasserschicht tauchen und am Stielende die Gasblasen zünden. Mehr als aus der Brennbarkeit des entwickelten Gases wird seine wahre Natur kenntlich durch einen Versuch im Sinne von Nr. 1, der besonders dann ein gutes Ergebnis bringt, wenn man auf den Rand des untergestellten, fast völlig mit Wasser gefüllten Zylinders einen umgestülpten Trichter setzt, damit der Wasserstoff seinen Weg sicherer findet.

5. Im Vergleich zu dem von Rebenstorff kürzlich hier (Heft I, S. 32) angegebenen verhältnismäßig verwickelten Acetylenapparat möchte ich auf eine Konstruktion verweisen, die ich im Jahre 1905 (Natur und Schule, Seite 231 u. 232) beschrieben habe und die von Doermer in seiner Neubearbeitung der Arendtschen „Technik...“ (S. 851) wiedergegeben wird. Ich glaube, daß die Vorrichtung (Rollflasche mit weithereingetriebenem Kegelboden, seitlichem Schlauchstutzen am Hals und weitem Einwurfrohr) dem Grundsatz der Einfachheit besser entspricht als jene neue. Bewährt hat sie sich auch zur Entwicklung des Schwefelwasserstoffes.

6. Was endlich den Phosphorversuch zur Ermittlung der Luftzusammensetzung angeht, so ist es anscheinend noch sehr üblich, die an einem biegsamen Draht angeschmolzene Phosphorkugel unter ein in Wasser getauchtes Eudiometerrohr einzuschieben. Herz (Chem. Praktikum 1912) vereinfacht die Sache insofern, als er „ein beiderseits offenes Glasrohr von 1—2 cm lichter Weite... (z. B. eine Bürette)... mit einem Gummistopfen verschließt, an dem mittels eines kurzen Drahtes oder Glasstabes ein Stück Phosphor befestigt ist“. Noch einfacher: Man schiebt in ein Stück weiten Glasrohres einen Pfropf Watte oder Asbestwolle und läßt den Phosphor draufgleiten. Den Verschuß kann auch ein guter Korkstopfen bilden.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Die Mariottesche Flasche für das Abmessen größerer Gasmengen. Von H. REBENSTORFF. (*Zeitschr. f. math. u. naturw. Unt.* 1915, 372.) Nach Fr. C. G. Müller kann man ein Gasvolumen durch Einleiten in die Mariottesche Flasche messen. Aus dem kurzen Heberrohr im Bodentubus fließt ein gleiches Volumen Wasser ab. Das Verfahren kann auch benutzt werden, um große, schnell herandringende Luftmengen (ausgeatmete Luft) zu bestimmen. Statt des Röhrchens im Bodentubus hält ein Überzug dieser Öffnung mit feinem Mullgewebe (Oberflächenspannung) das Wasser in der Flasche zurück. Kann man das Einströmungsrohr bei einer Flasche mit aufwärts gewölbtem Boden nicht tief genug in das Wasser hinabschieben, um ein selbsttätiges Herausperlen von Luft zu hindern, so bedeckt man auch die untere Öffnung dieses Einleitungsrohres mit Mullgewebe. Eine einfache Anordnung ermöglicht bequemes Füllen der Flasche für die Abmessung.

Das Verfahren hat für seine Genauigkeit den Vorzug, daß nicht eine sich aus benetzendem Wasser erhebende Glocke benutzt wird, die sich infolge Verdunstung auf der Außenwand um einige Grade unter der Zimmertemperatur abkühlt. Durch die Verringerung des Druckes der Gasmenge innerhalb der Flasche entsteht eine Abweichung, die leicht berücksichtigt werden kann. Beträgt der jeweilige Gasinhalt in der Flasche V Liter, die Höhe des wirkenden Wasserstandes in derselben x cm, während a cm die Höhe von einem Liter des Wasserinhalts beträgt, so befinden sich $d = x \cdot \left(1 - \frac{x}{a}\right)$ Promille, also ebensoviel ccm Gas mehr in der Flasche, als das bei genauem Atmosphärendruck abgemessene Volumen betragen würde. Dieser Fehler hat ein Maximum bei halber Füllung der Flasche mit Wasser ($d_{\max} = a \cdot 1/4$). Er hat gleiche Werte bei zwei Wasserständen, die um gleichviel cm größer und kleiner als ein mittlerer Wasserstand sind. Daher fällt eine Korrektion fort, wenn das Wasserniveau nach dem Einleiten um ebensoviel cm unterhalb des mittleren Wasserstandes liegt, wie es vor dem Einleiten oberhalb desselben sich befand.

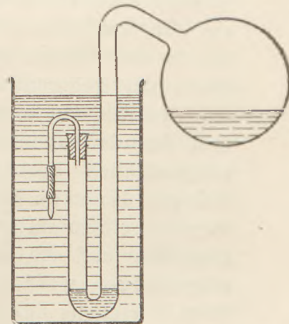
Zwei Meßversuche geben Beispiele für das Mariottesche Gesetz. Ein metallener Heronsball oder ein Dampfkesselchen wird

mit Druckluft gefüllt (z. B. vor dem Reduzierventil einer Gasbombe). Den erreichten Gasdruck erhält man nach dem Gesetz aus dem bekannten Inhalt des Kessels und dem Gasvolumen beim Entspannen auf Atmosphärendruck nach Eintritt in die Mariottesche Flasche. — Mißt man in gleicher Weise die Gasmenge ab, die dem Reduzierventil einer Gasbombe entnommen werden kann, nachdem der Haupthahn der Bombe vorübergehend geöffnet war, so berechnet sich aus dem manometrisch angezeigten Gasdruck und dem Entspannungsvolumen die Größe des Hochspannungsraumes im Reduzierventil. Hierbei ist der andere Raum außer acht gelassen. Für geringere Bombendrucke erhält man daher etwas andere Zahlen. II. R.

Ein einfacher Apparat für Siedeveruche.

Von H. REBENSTORFF. (*Zeitschr. f. math. u. naturw. Unterr.* 1915, S. 370.) Ein Rundkolben aus Jenaer Glas ist mit einem U-förmig gebogenen Halsrohr, wie die Figur zeigt, verbunden.

Die Füllung geschieht, indem man mit dem eingesenkten U-Rohr aus einer größeren Wanne Wasser schöpft und portionsweise in den Kolben übertreten läßt. Die Mündung des U-Rohrs wird durch einen guten Kork mit kurzem eingebogenen Glasröhrchen und kurzem Schlauchstück abgeschlossen.



Nach Einspannen des Halsrohres in eine Stativklemme wird das Wasser zum Sieden erhitzt und nach Vertreibung der Luft das Schlauchstück mit einem zugeschmolzenen Glasrohrstückchen verschlossen. Die Abkühlung kann unter dem Strahl der Wasserleitung geschehen, oder auch recht schnell dadurch, daß man nur das U-Rohr in ein Gefäß mit kaltem Wasser senkt, wobei sich eine gewisse Wassermenge in dem unteren Teil des Rohres verdichtet. Kühlt man dann den Kolben durch Äther ab, so tritt wie beim Pulshammer Wasserdampf aus dem mit Kork verschlossenen Teil des Rohrs durch das Sperrwasser in den Kolben hinüber. Das Wasser im Kolben kann zur Demonstration des Siedeverzuges dienen. Ein eingebrachter Platindraht verliert bald

alle Luftreste, so daß er die Bildung von Dampfblasen nicht mehr anregt. Ebenso versagte ein durch Einschmelzen eines Platin-drahtstückchens in ein Glasstäbchen hergestelltes Siedestäbchen nach Häussler

(Chem. Zeitung 1913). Als wirksam dagegen für die dauernde Erzeugung von Dampfblasen erwiesen sich Magnesiumspänchen, die ja auch kaltes Wasser langsam zer-setzen. P.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die Forscherarbeit von Julius Elster und Hans Geitel. Der erste der beiden Forscher hat am 24. Dezember 1914, der zweite am 16. Juli 1915 das sechzigste Lebensjahr vollendet. Die deutsche Lehrerschaft zählt die beiden Männer mit Stolz zu den Ihrigen; ist es ihnen doch, ohne daß sie eine Universitätsstellung einnahmen, gelungen, neben ihrer Unterrichtstätigkeit die Wissenschaft in so außerordentlichem Grade zu fördern, daß sie heute zu den angesehensten und fruchtbarsten Physikern gezählt werden. In vielleicht einziger Weise haben die beiden Männer eine wissenschaftliche Gemeinschaft, eine Art wissenschaftlichen Zweibundes gebildet, von weit mehr als 120 Arbeiten tragen fast alle die Namen beider. Was sie auszeichnet, ist neben der genialen Anlage und der überaus glücklichen technischen Begabung vor allem die Unermüdlichkeit und Gründlichkeit, mit der sie die von ihnen angegriffenen Probleme bis in ihre letzten Konsequenzen verfolgen. Nicht ein gelegentliches Arbeiten hier und da, sondern ein methodisches Durchdenken und Zuendedenken ist ihnen eigen; hierauf hauptsächlich beruht das Geheimnis ihrer Erfolge. Ihnen zu Ehren haben die deutschen Physiker eine umfangreiche Festschrift herausgegeben, auf die an anderer Stelle näher eingegangen werden soll. Eine Würdigung ihres Forschens haben E. v. SCHWEIDLER und K. BERGWITZ in Heft 29 der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften“ veröffentlicht. An diese Darstellung schließen wir uns im folgenden an.

Mit keinem Gebiet ist der Name der beiden Forscher so eng verknüpft wie mit dem der Luftelektrizität. Die ersten beiden von ihnen im Jahre 1885 veröffentlichten Arbeiten handeln „über den elektrischen Vorgang in den Gewitterwolken“ und „über die Elektrizitätsentwicklung bei der Regenbildung“; im folgenden Jahr erschien eine Ab-handlung „zur Frage nach dem Ursprung der Wolkenelektrizität“. Es wird hier die Theorie aufgestellt, daß das elektrische Feld der Atmosphäre, das einer negativ elektrischen Erdoberfläche entspricht, influenzierend auf die in der Wolke vorhandenen Flüssigkeitsteilchen wirke; größere Tropfen, unterseits positiv,

oberseits negativ geladen, treffen im Fallen auf kleinere, die, ohne mit ihnen zu verschmelzen, an ihnen entlang gleiten und einen Teil der positiven Ladung aufnehmen, während die größeren mit einem Überschuß negativer Ladung rasch zum Erdboden niedersinken. So erklärt sich die in der Regel positive Ladung der Gewitterwolken. An diese Erklärung haben die beiden Forscher mit gewissen Modifikationen bis in neuere Zeit festgehalten, aber sie haben ihre Theorie auch durch Beobachtungen über die Elektrizität der Niederschläge geprüft und für diesen Zweck (1888) eine heute allgemein angewandte Methode ersonnen. Ihre Messungen ergaben wechselnde elektrische Ladung der Niederschläge, die mit Änderungen in der Art des Erdfeldes in engerem Zusammenhang standen. Dies führte zu genaueren Untersuchungen des Erdfeldes und zu einer Prüfung der Theorie Exners, wonach die Schwankungen des Erdfeldes lediglich als Funktionen des Wasserdampfgehalts der Luft anzusehen wären. Sie entdeckten hierbei die Abhängigkeit des Potentialgefälles von der Luftreinheit und bestimmten die jährliche Periode sowie die tägliche Doppelperiode desselben. Der Umstand, daß die bei den Niederschlagsmessungen benutzte Auffangschale aus Zink den Photoeffekt zeigte, führte sie zu der Vermutung, daß die photoelektrisch wirksamen Strahlen der Sonne beträchtliche Mengen negativer Elektrizität in die Luft überführen. Ihrer Theorie nach mußte eine Zunahme des Potentials mit der Höhe zu erwarten sein. Messungen in Ballons ergaben jedoch das Gegenteil und somit eine positive Raumladung der Luft. Zur Lösung dieses Widerspruchs griffen Elster und Geitel auf schon länger zurückliegende Beobachtungen von Linß in Darmstadt (1887) über Elektrizitätszerstreuung in der freien Atmosphäre zurück. Sie wiederholten diese Versuche mit einem neuen von ihnen konstruierten „Zerstreuungsapparat“, dessen Hauptbestandteile ein verbessertes Exnersches Elektrometer und ein zylinderförmiger Zerstreuungskörper waren. Sie bestimmten damit den Zerstreuungskoeffizienten, d. h. den Bruchteil der Abnahme der Ladung

in der Minute, und fanden diesen für negative Ladung größer als für positive. Ihre an zahlreichen Orten angestellten Messungen erwiesen eine ältere Theorie der Elektrizitätszerstreuung durch leitende Partikelchen als nicht haltbar und führten zu der Erkenntnis einer auf der Anwesenheit freier positiver und negativer Ionen beruhenden elektrischen Leitung der atmosphärischen Luft:

An diese Erkenntnis schloß sich naturgemäß die Frage nach der Herkunft der Ionen in der Luft. Auffallenderweise war bei den Zerstreuungsmessungen an abgeschlossenen Luftmengen eine geringe, aber sicher nachweisbare Zunahme der Zerstreuung festgestellt worden, die erst nach einigen Tagen ihr Maximum erreichte. Dies „Altern“ der Luft war nicht durch allmähliche Ausfällung des Staubes verursacht; am stärksten zeigte sich der Ionengehalt in solcher Luft, die in Kellerräumen oder Höhlen (Baumannshöhle) stagnierte. Dies brachte die beiden Forscher auf den Gedanken, daß in der Luft radioaktive Emanationen enthalten sein könnten, deren Ursprung in Radioelementen des Erdbodens zu suchen wäre. Die überaus kühne Vermutung, daß die radioaktiven Substanzen fast in allen Gesteins- und Erdproben und infolgedessen auch in Gewässern, in der Atmosphäre und in Niederschlägen vorhanden seien, wurde durch weitere systematische Versuche aufs glänzendste bestätigt. Es diente dazu namentlich das Verfahren, auf negativ geladenen Drähten die Radiumemanation aus der Untersuchungsluft aufzuspeichern und nachzuweisen. Hiermit waren die experimentellen Unterlagen für eine Theorie der Lufterlektrizität und der negativen Ladung des Erdkörpers gegeben: Ionisierte Luft ladet beim Kontakt mit isolierten Leitern diese negativ auf (wegen der größeren Beweglichkeit der negativen Ionen), und zwar so lange, bis die Wirkung des elektrischen Feldes der Leiter den Unterschied der Beweglichkeiten ausgleicht. Kann man nun annehmen, daß auch der Erdkörper sich gegen die ionisierte Luft wie ein solcher Leiter verhält, so wäre damit die negative Eigenladung der Erde und das normale elektrische Feld der Atmosphäre erklärt. Die Grenze der Erdladung wäre erreicht, sobald dieses Feld den trägeren positiven Ionen eine so gesteigerte Geschwindigkeit erteilt, daß die Zuströmung der negativen Ionen neutralisiert wird. Und zwar denken sich die beiden Forscher den Ausgleich in folgender Weise: „An allen geschützt liegenden Orten (vornehmlich in den

mit Vegetation bedeckten Gebieten) strömt — E unausgesetzt aus der Luft in die Erde ein, um an allen freigelegenen Stellen, insbesondere den Berggipfeln, durch die in dem entstandenen Felde wandernden + Ionen neutralisiert zu werden. Da die negative Bodenelektrizität, einmal auf die Erde übergegangen, sich auf deren Oberfläche allüberall hin verbreiten kann, so geschieht ihr Ersatz in stationärer Weise so, daß die Gesamtladung des eigentlichen Erdkörpers konstant bleibt. Dagegen ist das lufterlektrische Gefälle an einem bestimmten Ort von den lokalen Verhältnissen, der Gestalt der Erdoberfläche und der Menge der freien Ionen in der darüber lagernden Luft abhängig.“ Hiermit ist der Entwurf einer auf gesicherten Erfahrungstatsachen aufgebauten Theorie der atmosphärischen Elektrizität gegeben. —

Mit den lufterlektrischen Forschungen Elsters und Geitels hängen ihre anderen Forschungen, nämlich auf den Gebieten der Ionenlehre, der Radioaktivität und der Lufterlektrizität, wie schon aus dem bisher Gesagten ersichtlich ist, aufs engste zusammen. Bald nach der Entdeckung der Radioaktivität durch Becquerel untersuchten sie (1899) das Verhalten von Becquerelstrahlen im Magnetfelde und waren in demselben Jahre bei der Entdeckung der magnetischen Ablenkung der β -Strahlen des Radiums durch Giesel als Helfer und Berater mitbeteiligt. Bald darauf (1901) erkannten sie Analogien im Verhalten der natürlichen und der durch Becquerelstrahlen künstlich ionisierten Luft; dies war der Ausgangspunkt für die Erklärung der ebenfalls von ihnen entdeckten Tatsache der erhöhten Leitfähigkeit der Luft in Kellern, natürlichen Höhlen u. dgl. Daran schloß sich die Entdeckung (1902), daß sich radioaktive Stoffe fast überall aus der Luft gewinnen lassen, indem man einen auf etwa 2000 Volt negativ geladenen Draht mehrere Stunden lang in Freiluft exponiert und auf diese Weise „aktiviert“. An der Feststellung, daß der Ursprung dieser radioaktiven Stoffe in dem Radium und dem Thorium zu suchen ist, sind sie ebenfalls in erster Reihe beteiligt gewesen. Es folgte (1904—1905) die Untersuchung zahlreicher Bodenarten auf ihren Gehalt an Radioelementen; ein Nebenergebnis war die medizinisch interessante relativ hohe Aktivität des Fangoschlammes von Battaglia. Neben den meteorologischen Folgerungen war damit auch ein Ausblick auf die Beeinflussung des Wärmehaushalts der Erde durch die Wärmeproduktion der radioaktiven Stoffe eröffnet.

An den Untersuchungen über den genetischen Zusammenhang der verschiedenen Radioelemente sind Elster und Geitel ebenfalls beteiligt. Sie zeigten (1906, 1907), daß die schwache Aktivität des Bleis auf einer Beimengung von Polonium beruht, und daß diese Eigenschaft bei sehr altem Blei nicht zu finden ist, weil dann das Radium D, die das Blei begleitende Muttersubstanz des Poloniums, bereits zerfallen ist. In späteren Arbeiten (1909, 1910) wiesen sie andererseits nach, daß die schwache β -Strahlung des Kaliums und Rubidiums an diesen Elementen selbst, nicht an zufälligen Beimengungen, haftet; damit war die Erscheinung der Radioaktivität auch bei Elementen von nicht hohem Atomgewicht wahrscheinlich gemacht. Ferner sei hervorgehoben, daß Elster und Geitel 1903 gleichzeitig mit Crookes und unabhängig von ihm die Szintillation der von α -Strahlen getroffenen Sidotblende entdeckten, worauf sich später bemerkenswerte Methoden für die Zählung der α -Teilchen und für den Nachweis der atomistischen Struktur der Materie gründeten¹⁾.

Auf dem Gebiet der 1887 von Hertz entdeckten Lichtelektrizität knüpften Elster und Geitel an den von Hallwachs 1888 aufgefundenen „Hallwachs-Effekt“, nämlich die Zerstreung negativer Ladungen durch ultraviolette Bestrahlung, an. Sie zeigten zunächst (1889), daß gewisse Metalle, wie Zink, Aluminium, Magnesium, sowie deren Amalgame den Hallwachs-Effekt auch unter dem Einfluß sichtbarer Strahlen, speziell des Sonnen- und Tageslichtes, aufwiesen. Der Umstand, daß diese Metalle ausgesprochen elektropositiv sind, ließ sie vermuten, daß die elektrochemisch noch extremer stehenden Alkalimetalle den Effekt noch stärker zeigen würden, und es gelang ihnen, dies (1890) an Natrium, Kalium, Rubidium und deren Amalgamen und Legierungen experimentell zu bestätigen, wobei recht beträchtliche Schwierigkeiten in der Herstellung geeigneter „lichtelektrischer“ Zellen zu überwinden waren. Sie vermochten auch die Lichtempfindlichkeit der Zellen durch Benutzung gefärbter Oberflächenschichten, die sich bei geeignetem Verfahren an Kalium und auch an Natrium, Rubidium und Cäsium bilden, so weit zu steigern, daß noch eine Strahlung von der Energiestromdichte 10^{-7} Erg/cm²sec. nachgewiesen werden konnte. Durch plan-

mäßiges Vorgehen dehnten sie den Wellenbereich, in dem die Alkalizellen empfindlich sind, bis in den ultraroten Teil des Spektrums aus. Sie bemühten sich ferner, eine lichtelektrische Photometrie zu schaffen, wobei zahlreiche Fehlerquellen bloßzulegen und zu beseitigen waren. Sie konstruierten zu diesem Zweck ihr Zinkkugelphotometer, dem sie neuerdings (1914) noch eine Kadmiumpzelle an die Seite stellten. Sie benutzten dies Instrument besonders, um die Schwankungen in der Intensität des ultravioletten Teils des Sonnen- und Himmelslichtes wie auch die Lichtverhältnisse bei Sonnen- und Mondfinsternissen messend zu verfolgen. In theoretischer Richtung untersuchten sie die Abhängigkeit des lichtelektrischen Effekts vom Einfallswinkel und von der Lage der Polarisationssebene des Lichtes, wobei sich ergab, daß der Betrag des absorbierten Lichtes maßgebend für den Effekt ist, und daß die Komponenten der Lichtschwingungen, die senkrecht zur Oberfläche des bestrahlten Metalls stehen, eine weit größere Wirkung haben als die zur Oberfläche parallelen Komponenten. Elster und Geitel sind der Ansicht, daß es sich bei der lichtelektrischen Elektronenemission um eine Auslösung einer in den Atomen des lichtelektrisch empfindlichen Körpers aufgespeicherten inneren Energie handelt.

Wir müssen darauf verzichten, noch weitere Einzelforschungen namhaft zu machen, und erwähnen nur noch eine Reihe von Apparatkonstruktionen, die wir den beiden Forschern verdanken. Außer den schon angeführten sei noch ein transportables Quadrantenelektrometer mit photographischer Registrierung genannt, ferner ein Einfadenelektrometer, dessen Blättchen durch einen leitend gemachten Quarz- oder Spinnwebfaden ersetzt ist. Von Unterrichtsapparaten sei ein elektrischer Wasserstrahlduplikator (d. Zeitschr. *VI*, 33) und ein Hochspannungstransformator (Teslatransformator) ohne Ölisolierung (d. Zeitschr. *IX*, 189) hervorgehoben. Den schönen Aufsatz von H. Geitel über einfache Apparate und Versuche zur Lichtelektrizität haben unsere Leser noch in frischer Erinnerung. Wir schließen mit dem Wunsche, daß den beiden Forschern noch eine lange Reihe weiterer schöner Erfolge beschieden sein möge. P.

¹⁾ Man vergleiche den Vortrag von H. Geitel über die Bestätigung der Atomlehre durch die Radioaktivität. Braunschweig, Vieweg, 1913.

Probleme komplexer Moleküle. In drei Abhandlungen der Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften (Ab-

teilung A, Jahrgang 1914, 27.—29. Abhandlung) behandelt P. LENARD einige interessante Probleme, in denen komplexe Moleküle eine Rolle spielen. Er geht aus von der seit 1883¹⁾ bekannten Tatsache, daß Flüssigkeiten, wie Wasser, Quecksilber usw., beim Verdampfen ihre Ladung nicht verlieren, der Dampf also unelektrisch entweicht. Ohne weiteres ist ein Verständnis dieser bisher wenig beachteten Tatsache nicht möglich, und LENARD führt ihre Erklärung dadurch herbei, daß er annimmt, daß geladene Flüssigkeitsmoleküle überhaupt nicht verdampfen, und zwar deshalb nicht, weil sie Anlagerungen, Molekülkomplexe, bilden, deren Vorkommen bei elektrisch geladenen Molekülen aus zahlreichen anderweitigen Beobachtungen durchaus erwiesen ist. Die Größe dieser Komplexe kann ziemlich beträchtlich werden, und daher werden sie durch größere Molekularkräfte in die Flüssigkeit zurückgezogen und am Verdampfen verhindert.

Betrachten wir nun die Oberfläche einer solchen elektrisierten Flüssigkeit, so werden die dort befindlichen elektrisierten, mithin gemäß dem eben Gesagten unverdampfbar Moleküle die Verdampfung der unter ihnen (d. h. weiter im Innern der Flüssigkeit) vorhandenen gewöhnlichen Flüssigkeitsmoleküle abschirmen, also gewissermaßen einen Teil der Oberfläche unverdampfbar machen, so daß der Dampfdruck einer solchen Flüssigkeit gegenüber dem der ungeladenen ein anderer ist. Die Änderung des Dampfdruckes bezeichnen wir mit ∂p , so daß, wenn p der Dampfdruck der reinen, p' der der elektrisierten Flüssigkeit ist, wir die Beziehung haben:

$$\partial p = p' - p.$$

Dem Dampfdruck proportional ist die aus der Flüssigkeit entweichende Anzahl der Moleküle, mithin auch die Oberfläche, welche die verdampfbar Moleküle erfüllen. Diese sei bei der elektrisierten Flüssigkeit O_1 , während die Gesamtoberfläche O betrage; dann ist:

$$p : p' = O : O_1, \quad \text{also} \quad \partial p = -p \frac{O_0}{O},$$

wobei $O_0 = O - O_1$ sei.

Wegen der Kleinheit von $\partial p/p$ gilt dann:

$$\log \frac{p'}{p} = -\frac{O_0}{O}.$$

Haben wir eine ebene elektrisch geladene Oberfläche, und bezeichnen wir mit z die

Zahl der an 1 cm² Oberfläche befindlichen elektrisierten Moleküle, mit Q den Querschnitt eines solchen Moleküls, mit Θ die elektrische Oberflächendichte, mit e das elektrische Elementarquantum, mit n die Zahl solcher Quanten an einem Ladungsträger, und es grenze der Bruchteil β der die Oberflächendichte ausmachenden Ladungsträger so an den Dampfraum, daß er die die Verdampfung abschirmende Wirkung ausüben kann, so haben wir die Relationen:

$$O_0 = z \cdot Q \cdot O$$

und

$$z = \frac{\beta \Theta}{n \cdot e}.$$

Eine Erniedrigung der Dampfspannung bewirkt ferner auch der elektrische Zug, dessen Abhängigkeit von den Dichten σ des Dampfes und s der Flüssigkeit z. B. von E. WARBURG²⁾ durch folgende Beziehung quantitativ dargestellt worden ist:

$$-2\pi \Theta^2 \frac{\sigma}{s}.$$

Mithin haben wir jetzt insgesamt:

$$\begin{aligned} \partial p = & -2\pi \Theta^2 \frac{\sigma}{s} - p \cdot z \cdot Q = \\ & -2\pi \Theta^2 \frac{\sigma}{s} - p \cdot \frac{\beta \cdot \Theta}{n \cdot e} \cdot Q, \end{aligned}$$

oder:

$$\log \frac{p'}{p} = -2\pi \Theta^2 \frac{\sigma}{s \cdot p} - \frac{\beta}{n \cdot e} \Theta Q.$$

Gehen wir jetzt zu Nebeltropfen, also kugelförmigen Oberflächen, über, bezeichnen mit R den Radius des Tropfens, mit α die Oberflächenspannung, mit m die Anzahl der darauf befindlichen unverdampfbar Kerne, deren Querschnitt $Q = S^2 \pi$ sei, so lassen sich die folgenden Beziehungen ableiten:

$$p' = \left(1 - \frac{\beta m S^2}{4 R^2}\right) p \cdot e^{2\alpha\sigma/p s R},$$

oder auch:

$$\log \frac{p'}{p} = \frac{2\alpha\sigma}{p s R} - \log \frac{4 R^2}{4 R^2 - \beta m S^2}.$$

Daraus geht hervor, daß p'/p von der Größe der elektrischen Ladung des Tropfens unabhängig ist, denn diese kommt in der Formel gar nicht vor. In der Tat kommt es ja auch nur darauf an, daß unverdampfbar Molekülkomplexe vorhanden sind; ob diese elektrisch geladen sind oder nicht, ist für die die Verdampfung abschirmende Wirkung ohne Belang. Nun findet bekanntlich im

¹⁾ L. J. BLAKE, Ann. d. Phys. u. Chem. **19**, 518, 1883; fernere Literatur bei A. BECKER, Jahrbuch der Rad. u. El. **9**, 52, 1912.

²⁾ Ann. d. Phys. u. Chem. **28**, 394, 1886.

Fälle unelektrischer Tropfen die Kondensation um irgend einen Kern herum statt, der unverdampfbar ist (z. B. Staubpartikelchen und dergl.), so daß für alle Fälle, auch bei unelektrischen Tropfen, die obige Relation von Bedeutung ist.

Es könnte gegen das soeben Entwickelte der Einwand erhoben werden, daß die Molekularkräfte kleiner seien als die elektrischen Kräfte, welche man von außen her an Flüssigkeitsoberflächen anlegen kann, und daß daher die obigen Betrachtungen illusorisch gemacht wären. Eine angenäherte Berechnung, auf deren nähere Einzelheiten hier nicht eingegangen werden kann, zeigt aber, daß das nicht der Fall ist, daß vielmehr diese elektrischen Kräfte in allen gewöhnlichen Fällen den Molekularkräften gegenüber klein sind.

Ein Abdampfen der Ladung wäre dann zu erwarten, wenn die Ladungsträger keine Anlagerungen zeigen. Nach früheren Untersuchungen LENARDS³⁾ scheint das bei heißen, geschmolzenen Salzen zuweilen der Fall zu sein, und in der Tat läßt sich bei solchen Salzen das Mitabdampfen positiver Ladung nachweisen⁴⁾.

Haben wir eine Lösung irgendeiner Substanz in irgendeinem Lösungsmittel, so werden sich in dieser Lösung komplexe Moleküle derart bilden, daß sich an ein Molekül der aufgelösten Substanz Moleküle des Lösungsmittels heranzulagern; eine Tatsache, an deren Bestehen man heute wohl auch sonst keinen Zweifel mehr hegt. Diese Komplexe nennt LENARD kurz Lösungsmoleküle. Im Innern der Lösung seien μ solcher Lösungsmoleküle auf μ' Lösungsmittelmoleküle vorhanden, in der Oberflächenschicht dagegen μ_1 Lösungsmoleküle. Es sei v das Volumen eines Lösungsmittelmoleküls, V das Volumen eines Lösungsmoleküls, mithin die Zahl der Lösungsmoleküle im cm^3 der Oberflächenschicht $\mu_1/(\mu_1 V + \mu' v)$, folglich $z = \mu_1 S/(\mu_1 V + \mu' v)$ und:

$$\partial p = p \frac{\mu_1 \cdot S \cdot Q}{\mu_1 V + \mu' v}, \quad \text{wobei} \quad S \cdot Q = \Gamma.$$

Nach der gewöhnlichen Theorie ist nun bekanntlich:

$$\partial p = p \cdot \frac{\mu}{\mu + \mu'},$$

so daß man durch Gleichsetzung dieser beiden miteinander identischen Beziehungen erhält:

³⁾ Ann. d. Phys. **17**, 205, 1905. (Vgl. den Bericht im Juliheft dieser Zeitschr.)

⁴⁾ O. W. RICHARDSON, Phil. Mag. **20**, 981, 1910.

$$\mu_1 = \mu \frac{v}{V},$$

oder in Worten ausgesprochen: die Konzentration der Lösung an der Oberfläche ist verringert, und zwar so, daß die Oberflächenkonzentration zur Konzentration im Innern sich verhält wie das Volumen des Lösungsmittelmoleküls zum Volumen des Lösungsmoleküls.

Die Richtigkeit dieses Satzes geht schon aus der Grundannahme hervor, von der wir ausgingen, daß nämlich auf die schwereren komplexen Moleküle an der Oberfläche ein stärkerer Zug in das Innere der Flüssigkeit hinein ausgeübt wird, der dann also die Konzentrationsverringering zur Folge hat.

Auch auf den osmotischen Druck lassen sich derartige Betrachtungen mit Vorteil anwenden. Eine semipermeable Wand spielt dann nur die Rolle eines Siebes, dessen Öffnungen zu klein sind, um die Lösungsmoleküle durchzulassen; nur die kleineren Lösungsmittelmoleküle können sie ungehindert passieren. Durch die Lösungsmoleküle wird demnach von der Seite der Lösung her der Weg durch die Scheidewand versperrt, mithin muß dort ein Überdruck entstehen, indem durch die Wärmebewegung beständig von der Seite des Lösungsmittels Moleküle desselben auf die Seite der Lösung kommen, nicht aber auch umgekehrt. Ein Gleichgewicht stellt sich ein, wenn der Überdruck, eben der osmotische Druck, so groß geworden ist, daß er dem weiteren Eindringen von Lösungsmittelmolekülen eine Grenze setzt. Diese Größe läßt sich berechnen: Es sei F die Gesamtfläche der Öffnungen in der semipermeablen Wand und U der für ein einzelnes Lösungsmolekül für seine Wärmebewegung zur Verfügung stehende Raum, dann ist das Gesamtvolumen dieser Räume in der Lösung $\mu U/(\mu V + \mu' v)$ und der der Ventilwirkung unterliegende Teil von F gleich $\mu U F/(\mu V + \mu' v)$, mithin kommt für den Durchgang von der Lösung zum Lösungsmittel hin nur der Rest der Öffnungsfläche, nämlich:

$$\left(1 - \frac{\mu U}{\mu V + \mu' v}\right) F$$

in Betracht. Nennen wir ferner den Druck im Innern der Lösung p_i und den im Innern des Lösungsmittels p_a , so gehen in der Zeiteinheit, C als Proportionalitätsfaktor genommen, aus dem Lösungsmittel in die Lösung:

$$CF \cdot p_a$$

Moleküle, und aus der Lösung in das Lösungsmittel:

$$C \left(1 - \frac{\mu U}{\mu V + \mu' v} \right) F p_i$$

Moleküle. Der osmotische Druck wird gemessen durch $p_i - p_a$; man erhält seine Größe nach obigen Betrachtungen durch Gleichsetzung der beiden eben genannten Beziehungen:

$$p_i - p_a = \frac{\mu U}{\mu V + \mu' v} \cdot p_i$$

Ziemlich ausführlich beschäftigt sich LENARD sodann mit den an komplexen Molekülen wirksamen Molekularkräften, worauf wir aber hier nur kurz verweisen können. Er erhält für die resultierende Molekularkraft, die im Mittel auf ein an den Dampfraum grenzendes Lösungsmolekül wirkt, den Ausdruck:

$$(K - K') V e^{-\frac{S}{2\lambda}} = \frac{p_0}{\lambda} \log \frac{V}{v}$$

$$= \frac{1,40 \cdot 10^{-16} T}{\lambda} \log \frac{V}{v},$$

wobei K die nach dem Flüssigkeitsinnern gerichtete Kraft pro Volumeneinheit an der Oberfläche in bezug auf das Zusammenwirken von Lösungsmolekül und Lösungsmittel, K' dieselbe Größe in bezug auf Lösungsmittelmoleküle allein bedeuten, so daß $K'V$ die Kraft ist, mit der ein an der Oberfläche befindliches Lösungsmolekül in das Innere gezogen wird, und KV die Kraft, welche auf ein gleichgroßes, aber mit Lösungsmolekülen erfülltes Volumen wirkt. λ ist der Radius der Wirkungssphäre eines Moleküls. Endlich bedeutet p_0 den von einem Gasmolekül im cm^3 ausgeübten Druck und T die absolute Temperatur, während die Bedeutung der anderen Buchstaben die gleiche wie in den früheren Formeln ist. Auch diese neue wichtige Beziehung fließt eigentlich ohne weiteres aus der einfachen Grundannahme der Komplexbildung: Das Lösungsmolekül erfüllt seinen Raum sehr kompakt, da die in ihm enthaltenen Lösungsmittelmoleküle sämtlich von dem gelösten Molekül festgehalten werden, während das gleiche Volumen V aus dem Lösungsmittel von allen den Zwischenräumen mit ausgefüllt wird, welche bei der betreffenden Temperatur zwischen den Molekülen des Lösungsmittels in der Flüssigkeit vorhanden sind. In den beiden betrachteten Fällen enthalten also die V verschiedene Mengen von Materie nahezu gleicher Art, denn im Lösungsmolekül überwiegt ja die Zahl der angelagerten Lösungs-

mittelmoleküle ebenfalls. Der wesentliche Unterschied der beiden V besteht also in der Menge der freien Zwischenräume, welche sie enthalten; auf diese wirken die Kräfte nicht ein, und daher ist es verständlich, daß die betrachtete Kraftdifferenz auftritt. Diese Kraftdifferenz muß mit V/v steigen, da V/v ein Maß für das Volumen der Zwischenräume in V ist; sie steigt jedoch nur logarithmisch, also viel langsamer als V/v selbst, denn wenn V sehr groß wird, kann sein Inneres wegen der zu großen Entfernung von den umgebenden Molekülen nur noch wenig zur Kraftdifferenz beitragen. Höhere Temperatur vergrößert die Zwischenräume, größeres λ verkleinert sie, so daß damit sämtliche in der obigen Formel zum Ausdruck kommenden Beziehungen verständlich erscheinen.

Der Zustand einer freien Flüssigkeitsoberfläche ist der folgende: Über das Innere von der Konzentration μ lagert sich eine verdünnere Oberflächenschicht von der Konzentration $\mu \frac{v}{V}$ und der Dicke ξ , die sich wie folgt berechnet:

$$\xi = \frac{S}{2} + \lambda \log \frac{V}{v}.$$

Wir übergehen die Betrachtungen über die zeitliche Ausbildung von Oberflächenschichten an Flüssigkeiten gänzlich und wenden uns sofort den daran sich anschließenden Ausführungen über Wasserfallelektrizität zu. LENARD gelangt dabei zu der Annahme, daß das Wesentliche aller Vorgänge, welche die Elektrizitätsentwicklung an bewegten Flüssigkeitsmaßen (wie sie bei den Wasserfällen lange bekannt ist) verursachen, in der Abtrennung kleinster Wasserpartikel aus der äußersten Oberflächenschicht besteht. Daraus findet sofort die sonderbare Tatsache ihre ungezwungene Erklärung, daß Zerstoßen und Zerteilung von Flüssigkeit unwirksam, Zerblasen dagegen wirksam ist: während nämlich im ersten Fall kein Grund dafür vorhanden ist, daß größere tangentielle Kräfte an der Oberfläche vorkommen, können sehr wohl auf die äußerste Oberflächenschicht lokalisierte Beschleunigungen in der Wassermasse auftreten, wenn, wie beim Zerblasen, ein in einen Wirbel sich auflösender Luftstrom dem Wasser mitgeteilt wird. Ebenso erklärt sich die Wirksamkeit des Auftreffens von Tropfen und des Sprudeln, indem beim Auftreffen von Tropfen das plötzliche Abströmen der Luft zwischen dem Tropfen und dem Hindernis, beim Sprudeln das plötzliche Entweichen

der unter kapillarem Druck befindlichen Luft im Augenblick des Platzens der Blasen die Ursache bilden für die Abtrennung kleinster Wasserteilchen an der Oberfläche. Die Wasserfalltheorie der Gewitter gestaltet sich demgemäß jetzt folgendermaßen: Das Zerreißen der Tropfen, welches eintritt, sobald die Durchmesser über 5 mm steigen, ist unwirksam für die Erzeugung von Elektrizität, wenn es ohne Lostrennung von kleinsten Wasserteilchen vor sich geht, was immer dann der Fall ist, wenn es im wirbellosen Luftstrom erfolgt. Gewitter sind also nur dann zu erwarten, wenn der aufsteigende Luftstrom genügend tumultuarisch ist.

Eingehende Überlegungen an der Hand entsprechender Versuche ergeben das Resultat, daß der Sitz der elektrischen Doppelschicht bei der Wasserfallwirkung mit großer Wahrscheinlichkeit ganz im Innern der Flüssigkeit zu suchen ist. Bedenken wir nun, daß die senkrecht zur Oberfläche gerichteten Molekularkräfte K nicht auf komplexe Moleküle allein, sondern auch auf die beweglichen Einzelteile eines einzigen Moleküls wirken, indem dadurch die massiveren Teile der Moleküle dem Innern der Flüssigkeit genähert werden, so kommen wir zu dem interessanten Ergebnis, daß durch diese inneren Massenverschiebungen der an der Oberfläche gelegenen Moleküle bei der elektrischen Konstitution der sie aufbauenden Atome und bei der elektrischen Natur der die Atome chemisch zusammenhaltenden Kräfte eine elektrische Doppelschicht an der Oberfläche hergestellt werden muß. Da nun die massiveren Teile der Atome mit ihrer positiven Ladung verbunden sind, so müßte die äußere Belegung der Doppelschicht negativ erscheinen; eine Tatsache, deren Bestehen durch das experimentell nachgewiesene Abgeben negativer Ladung an die Luft bei dem Wasserfalleffekt bestätigt wird. LENARD nimmt daher an der Oberfläche von Wasser und allen anderen dielektrischen Flüssigkeiten eine wohlausgebildete, durch die Molekularkräfte der Flüssigkeit selbst hervorgebrachte elektrische Doppelschicht an, deren Dicke gleich dem Radius der Wirkungssphäre ist und deren äußere, stets negative Belegung durch die äußerste Molekülschicht der Flüssigkeit gebildet wird. Eine ebensolche Doppelschicht wäre auch an der Oberfläche der festen dielektrischen Körper zu erwarten. Aus einigen hier nicht näher zu erörternden Überlegungen und Experimenten kommt LENARD sodann

zu der Annahme, daß die Molekularkräfte elektrischer Natur sind, und zwar Wirkungen der nach außen sich erstreckenden elektrischen Felder der Moleküle. Zu derselben Annahme ist man ja bekanntlich schon auf ganz anderem Wege seit einiger Zeit gelangt, und es ist hochinteressant, zu erfahren, wie das weitere genaue experimentelle Studium des Wasserfalleffektes Aufschluß geben kann über die Beschaffenheit der durch die Wirkung der Molekularkräfte ausgebildeten elektrischen Oberflächenschichten beliebiger Flüssigkeiten, und wie damit ein tieferes Eindringen in die elektrische Struktur der Materie ermöglicht wird.

An der Hand der so gewonnenen Erkenntnisse werden nun in sehr ausführlicher Weise spezielle Untersuchungen über die Oberflächenbeschaffenheit verschiedener Flüssigkeiten angestellt. Wir müssen davon absehen, darüber genauer zu referieren. Ebenso ist es unmöglich, den Gedankengang des folgenden Kapitels, das sich mit der Frage nach dem Sitz freier elektrischer Ladung an Flüssigkeitsoberflächen befaßt, hier wiederzugeben; wir nennen nur kurz die höchst-wichtigen Ergebnisse: An elektrisierten freien Flüssigkeitsoberflächen sitzt die Ladung nicht an der äußersten Molekülschicht, wie es gewöhnlich angenommen wird, sondern weit tiefer im Innern der Flüssigkeit. Die Tiefe, in welcher die freie Ladung erhebliche Werte anzunehmen beginnt, ist von der Feldstärke und der Temperatur nur sehr wenig abhängig; von der Natur der Flüssigkeit hängt sie nur insofern ab, als deren inneres Eigenfeld mitwirkt und die Größe der Ladungsträger durch sie bestimmt ist.

Ein letztes Kapitel endlich ist der Dampfkondensation an Elektrizitätsträgern und Nebelkernen gewidmet. In der bisher angenommenen Theorie drückt sich die Gleichgewichtsdampfspannung p' in ihrer Abhängigkeit vom Tropfenradius durch folgende Beziehung aus:

$$\log \frac{p'}{p} = \frac{2\alpha\sigma}{psR} - \frac{\sigma e^2}{8\pi psR^4}$$

LENARD dagegen findet:

$$\log \frac{p'}{p} = \frac{2\alpha\sigma}{psR} - \log \frac{4R^2}{4R^2 - \beta S^2}$$

Diese beiden Formeln lassen sich nun bis zu einem gewissen Grade mit der Erfahrung vergleichen, indem man Beobachtungsergebnisse benutzt, welche vor allem von PRZIBRAM⁵⁾

⁵⁾ Wiener Akad. **117**, 665, 1908 und ebenda **118**, 331, 1909.

erhalten worden sind. Als Resultat ergibt sich, daß die bisher allgemein als einwandfrei angesehene Theorie der Dampfkondensation auf Elektrizitätsträgern auf Widersprüche mit der Erfahrung stößt, während, soweit es sich bis jetzt übersehen läßt, das bei der LENARDschen Beziehung nicht der Fall ist.

Harry Schmidt.

Experimenteller Nachweis der Ampere-schen Molekularströme. Von A. EINSTEIN und W. J. DE HAAS¹⁾. Nach der Elektronentheorie werden die Molekularströme wie überhaupt alle elektrischen Ströme durch bewegte Elementarladungen (negative Elektronen) gebildet. Jedem kreisenden Elektron muß ein Impulsmoment zukommen, das gleichgerichtet ist dem Vektor seines magnetischen Moments und das zu ihm in einem festen, von den geometrischen Verhältnissen und der Frequenz des Umlaufs unabhängigen Verhältnis steht. Das magnetische Molekül verhält sich mechanisch wie ein Kreisel, dessen Achse stets mit der magnetischen Achse zusammenfällt. Ändert sich der magnetische Zustand, so ändert sich die Orientierung jener Kreisel und damit das Impulsmoment der Elektronen des Körpers. Nach dem Satz von der Erhaltung des Impulsmoments muß dieser Änderung des inneren Impulsmoments das Auftreten eines kompensierenden Impulsmoments anderer Art entsprechen, d. h. der Körper wird bei einer Änderung seiner Magnetisierung in Drehung versetzt werden. Wie die Verfasser zeigen, läßt sich das gesamte Impulsmoment \mathfrak{M} der Elektronenbewegung eines magnetisierten Körpers darstellen durch $\mathfrak{M} = 2\mu/\epsilon \cdot J$, wo ϵ die Ladung der elektrischen Masse μ , J den Vektor seiner Gesamtmagnetisierung darstellt; falls die umlaufende Elementarladung negative Elektronen sind, wird $\mathfrak{M} = -1,13 \cdot 10^{-7} J$. Jede Abnahme des Impulsmoments \mathfrak{M} ist mit dem Auftreten eines Drehmoments $\mathfrak{D} = -\frac{d\mathfrak{M}}{dt}$ $= -1,13 \cdot 10^{-7} \frac{dJ}{dt}$ verknüpft. Dieses Drehmoment konnte nachgewiesen werden. Dazu diente ein zylindrisches Stäbchen aus weichem Eisen von 7 cm Länge und 1,8 mm Durchmesser, das an einem Glasfaden in einem von zwei gleichen Spulen erzeugten vertikalen magnetischen Wechselfelde hing. Eine durch die geometrisch nicht ganz gleich verteilten

magnetischen Kräfte beim Stromwenden bewirkte unregelmäßige Bewegung des Stäbchens wurde dadurch vermieden, daß der Aufhängefaden gerade so lang gewählt wurde, daß zwischen der Torsionsschwingung des Stäbchens und dem Wechselfelde Resonanz bestand. Den durch das Drehmoment \mathfrak{D} erzeugten maximalen Ausschlagwinkel α berechneten die Verff. zu $\alpha = \frac{2}{\pi} \cdot 1,13 \cdot 10^{-7} \frac{J_s}{\zeta Q}$,

wo J_s die Sättigungsmagnetisierung, Q das Trägheitsmoment, ζ ein Dämpfungsexponent ist. Um α zu messen, war auf dem Stäbchen ein Spiegel aus Mikroskopdeckgläschen angebracht, das ein als Zeiger dienendes Lichtbündel auf eine 45 cm entfernte Skala reflektierte. Als störend für die Beobachtung ergaben sich die aus der exzentrischen Lage der Wechselfelde resultierenden Drehmomente; diese Störung konnte durch Aufhebung des Erdfeldes mittels einer Kompensationsspule beseitigt werden. Es blieb dann bei Erregung des Wechselfeldes in der Distanz 45 cm ein doppelter Ausschlag von 0,45 cm. Zur Berechnung von α wurde $J_s = 192$, das Trägheitsmoment $Q = 0,0069$, die Dämpfung $\zeta = 0,533$ bestimmt; daraus ergab sich $\alpha = 0,0036$ und bei einer Skalendistanz 45 cm ein doppelter Ausschlag von 0,65 cm. Der Unterschied zwischen beiden Zahlen ist darauf zurückzuführen, daß der Magnetisierungswechsel nicht, wie die Rechnung voraussetzt, momentan erfolgt. Zur Bestimmung des Vorzeichens des Effekts wurde das Licht des Lichtzeigers durch den ungespannten Faden einer Metallfaden-Glühlampe erzeugt, die parallel dem wirksamen Spulenpaar an die Wechselstromquelle angeschlossen war. Bei Näherung eines permanenten Magneten geriet der Faden in Schwingungen, die sich über die von der Torsion des Stäbchens herrührenden Schwingungen supergerierten. Aus der Art der Wirkung eines Südpols auf den Lichtzeiger ließ sich dann nachweisen, daß das Drehmoment des Effekts der Größe dJ/dt , nicht aber der Größe $-dJ/dt$ proportional ist, d. h., daß der Effekt durch elektronegative, nicht durch elektropositive umlaufende Teilchen hervorgebracht wird. Um quantitativ mit der Theorie besser übereinstimmende Werte zu erhalten, wurde mit einem andern Stäbchen die Resonanzkurve, d. h. die Abhängigkeit der Amplitude α , von der Frequenz des Wechselstroms bei fester Fadlänge bestimmt. Die Theorie führt hier zu einer Formel, in der sich die richtige Größe $2\mu/\epsilon$ aus den zu messenden Größen berechnen

¹⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 17, 152, 203 (1915).

läßt. Die Verf. erhielten aus den gemessenen Daten $2\mu/\varepsilon = 1,11 \cdot 10^{-7}$, was mit dem theoretischen Wert $1,13 \cdot 10^{-7}$ gut übereinstimmt.

Schk.

Spektrale Übersicht über die Röntgen- und Gamma-Strahlung (Originalbericht). Aus dem Laboratorium der Veifawerke.

Die Arbeiten über Röntgen- und Gamma-Strahlung aus den letzten 3 Jahren haben immer mehr zur Festigung der Auffassung beigetragen, daß diese Strahlungen elektromagnetischer Natur sind und wahrscheinlich zum großen Teil ebenso wie die Lichtstrahlen aus periodischen Schwingungen bestehen. Man ist bereits vielfach in der Lage, die Röntgen- und weichen Gammastrahlen von verschiedenem Durchdringungsvermögen durch ihre Wellenlänge zu charakterisieren. Der große Fortschritt ist Laue (1912) zu verdanken. Seine Methode, die im wesentlichen auf Benutzung eines Kristalls aus Beugungsgittern beruht, gestattet es, die Wellenlängen der Röntgenstrahlen zu bestimmen und sie in das große Spektrum aller elektromagnetischen Wellen einzureihen, wobei sie sich direkt an die kürzesten ultravioletten Lichtwellen anschließen lassen. Wir geben in der abgedruckten Tabelle einen Überblick über das elektromagnetische Wellenspektrum mit besonderer Berücksichtigung der Röntgen- und Gammastrahlen. Die elektrischen und die Lichtwellen haben wir nur kurz aufgeführt. Sie sind an anderen Stellen ausführlicher zusammengestellt¹⁾. Die Wellenlängen sind in der in der Optik gebräuchlichen Einheit $\mu\mu$ (Millionstel-Millimeter) angegeben. Ebenso wie zwischen der kürzesten elektrischen²⁾ und der längsten ultraroten³⁾ Lichtwelle ist auch noch eine Lücke zwischen den kurzwelligsten bis jetzt beobachteten ultravioletten Strahlen⁴⁾ und den langwelligsten, von

¹⁾ Spektrum der elektrischen Wellen siehe J. Zennek: Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, S. 1002 (1905). — Lichtspektrum siehe Landolt-Börnstein, 1912, Tab. 201, S. 949, ferner Autorreferat von H. Rubens in „Kultur und Gegenwart“, Physik, unter Red. von Warburg, Teubner, 1915.

²⁾ Lampa: Wiedem. Ann. **61**, S. 83, 1897, v. Beyer 1911, siehe Landolt-Börnstein, 1912, S. 960.

³⁾ Rubens und v. Beyer, Berliner Berichte 1911, S. 339.

⁴⁾ Lenard und Ramsauer, Heidelberger Berichte, math. natur. Kl. 1910, Abh. 31.

Dember⁵⁾ experimentell erzeugten Röntgenstrahlen vorhanden. Durch die Untersuchung von Dember ist jedoch die Aussicht eröffnet, daß diese letztere Lücke geschlossen werden wird. Dember löste Elektronen lichtelektrisch aus und beschleunigte sie durch ein Feld von nur ca. 17 Volt. Die Elektronen erzeugten beim Aufprallen auf eine Platinantikathode ganz weiche Röntgenstrahlen, die er mittels des Dorneffektes (Auslösung von Elektronen durch Röntgenstrahlen) nachwies, und deren Wellenlänge er mit Hilfe einer von W. Wien und J. Stark auf die Röntgenstrahlen angewandten, aus der Quantentheorie folgenden Gleichung⁶⁾ zu $74,5 \mu\mu$ berechnete. Die Wellenlänge der kürzesten, von Lenard und Ramsauer untersuchten ultravioletten Strahlen unterscheidet sich davon nur um etwa $16 \mu\mu$. Besonders bemerkenswert ist der in der Demberschen Arbeit erwähnte Hinweis darauf, daß der Wellenlänge $74,5 \mu\mu$ eine Frequenz entspricht, welche die Größenordnung der Eigenfrequenz der Gase hat, und daß infolgedessen die Weichheit der Demberschen Strahlen vermutlich durch die selektive Absorption der der Antikathode anliegenden Gasschicht begrenzt war. Die Eigenschaften der Substanzen, Röntgenstrahlen selektiv zu absorbieren und bei geeigneter Erregung Strahlen von ganz bestimmter konstanter Härte zu emittieren (*charakteristische Strahlen*), ist einer der wichtigsten Gründe, den periodischen Charakter der Röntgenstrahlen anzunehmen und zugleich eines der bequemsten Hilfsmittel zur Bestimmung ihrer Wellenlänge (nach der Bragg'schen Methode der Reflexion an Kristallblättchen). Durch diese Methode sind die Wellenlängen eines großen Teiles des Röntgen- und Gamma-Strahlenspektrums festgelegt. Dieser Teil beginnt bei der charakteristischen Strahlung des Aluminiums mit einer Wellenlänge von $0,84 \mu\mu$ und endigt mit einer charakteristischen Linie des Silbers⁷⁾ von $0,056 \mu\mu$. Außer durch die exakte Bestimmbarkeit ihrer Wellenlängen bieten die charakteristischen Strahlen besonderes Interesse durch die Gesetzmäßigkeiten zwischen Atomzahl und Wellenlänge. Schon, Barkla und Sadler⁸⁾ haben gefunden, daß die von

⁵⁾ Dember, Berichte d. Phys. Gesellschaft **15**, 1913, S. 560.

⁶⁾ Vgl. R. Pohl, Phys. d. Röntgenstr. (Samml. Wissensch. 45), S. 128, 1912.

⁷⁾ H. G. J. Moseley, Phil. Mag. (6) **27**, 1914, S. 708.

⁸⁾ Barkla und Sadler, Phil. Mag. **16**, S. 550, 1908.

ihnen untersuchten Metalle je 2 charakteristische Strahlen aussenden, und zwar eine härtere Strahlung, welche sie K-Strahlung, und eine weichere, welche sie L-Strahlung nannten. Ordnet man die Metalle nach ihrem Atomgewicht, so zeigen beide Reihen mit zunehmendem Atomgewicht auch zunehmende Härte⁹⁾. Bei Barkla und Sadler sind die Härten der charakteristischen Röntgenstrahlen durch den Massenabsorptionskoeffizienten μ/ρ in Aluminium ausgedrückt (μ = Absorptionskoeffizient, ρ = Dichte der betr. Substanz). Moseley¹⁰⁾ hat in einem größeren Bereich der Elemente die charakteristischen Wellenlängen direkt gemessen und dabei gefunden, daß es außer der K- und L-Reihe auch noch andere Reihen gibt, und er hat ferner die Gesetzmäßigkeiten zwischen Atomzahl des Elementes und seinen charakteristischen Wellenlängen mathematisch formuliert. Innerhalb des Rahmens dieses Referates genügt es, die Grenzen hervorzuheben, bis zu welchen man bis jetzt die charakteristische Strahlung genau gemessen hat. In der K-Reihe ist die weichste gemessene Strahlung die des Aluminiums, die härteste die von Ce, in der L-Reihe die weichste die von Ag und die härteste die von Bi. Auf Grund der oben berührten Gesetzmäßigkeiten kann man erwarten, daß sich die Lücke zwischen den Demberschen Röntgenstrahlen und der weichsten bis jetzt gemessenen charakteristischen Röntgenstrahlung in Zukunft erheblich verkleinern wird, nämlich sofern es mehr und mehr gelingt, besonders innerhalb der L-Reihe in Richtung abnehmender Atomzahlen experimentell weiter zu kommen. Innerhalb des Härtebereiches der charakteristischen Strahlung liegt eine Gruppe von den Strahlen der radioaktiven Substanzen: diese Gruppe ist die weiche Gammastrahlung von Radium B, Thorium B und Aktinium B. Für weiche Gamma-Strahlen von Radium B haben Rutherford und Andrade¹¹⁾ Wellenlängen von 0,1365 $\mu\mu$ bis 0,0793 $\mu\mu$ gemessen. Der Absorptionskoeffizient in Aluminium ist für diese weiche Gruppe gleich 40. Außerdem ist noch eine mehr durchdringende Strahlung des Ra B vorhanden mit $(\mu/\rho)_{Al} = 0,19$, was einer Wellenlänge $\lambda = \text{ca. } 0,02 \mu\mu$ entsprechen dürfte. Die zuerst erwähnte

weiche Strahlengruppe repräsentiert nach Rutherford wahrscheinlich die charakteristische L-Strahlung der Radioelemente¹²⁾. Obwohl die Wellenlängen der Gammastrahlen nur in dem angeführten Fall nach der Bragg'schen Methode direkt gemessen sind, so ist trotzdem in den übrigen Fällen die Wellenlänge von uns angegeben, und zwar auf Grund einer Berechnung nach der von Siegbahn¹³⁾ aufgestellten empirischen Formel $(\mu/\rho)_{Al} = A\lambda^x$. Die Formel, in welcher A und x für das absorbierende Medium (Aluminium) charakteristische Konstanten sind, ist für den Bereich $(\mu/\rho)_{Al} = 435$ bis 2,5 aufgestellt. Außerhalb dieses Bereiches ist ihre, bzw. die Gültigkeit der Konstanten in Frage zu ziehen. Dennoch haben wir im letzten Teil der Zusammenstellung Wellenlängen, welche aus der Siegbahn'schen Formel berechnet sind, mit aufgeführt, und zwar lediglich deshalb, um einen ungefähren Begriff von der Größenordnung der kurzwelligsten Strahlen zu geben.

Bei der technisch-medizinischen Röntgenstrahlung unterscheidet man gewöhnlich weiche und harte Strahlen. Im Spektrum beginnen sie ungefähr bei $(\mu/\rho)_{Al} = 8$ ($\lambda = 0,075 \mu\mu$); von da bis zu $(\mu/\rho)_{Al} = 2$ ($\lambda = 0,045 \mu\mu$) dienen sie vorwiegend zur Diagnose, stellen also in diesem Bereich die diagnostische Strahlung dar; darüber hinaus bis zum Ende der technisch erzeugten X-Strahlung erstreckt sich die therapeutische X-Strahlung. Entsprechend den Erfordernissen der von Dessauer ausgearbeiteten „Homogenstrahlungslehre“¹⁴⁾ bildet der härteste Bereich der therapeutischen X-Strahlung unser spezielles Untersuchungsgebiet. Der Absorptionskoeffizient der härtesten erzeugten und von Winawer¹⁵⁾ mit X γ -Strahlung bezeichneten durchdringenden X-Strahlung liegt bei $(\mu/\rho)_{Al} = 0,15$. Es ist noch nicht sicher, was diese Strahlung darstellt: den kurzwelligsten Teil des Röntgenspektrums der Antikathode oder der sogenannten „weißen Strahlung“ (Bremsstrahlung). Ihre mittlere Wellenlänge ist nach der zitierten Formel gerechnet schätzungsweise von der Größenordnung 0,02 $\mu\mu$. Diese härteste Strahlung möglichst allein (zum Zwecke der Tiefentherapie) zu verwenden, ist man zurzeit im Laboratorium der Veifawerke bemüht. Physikalisch untersucht wurde die Strahlung ebenda

⁹⁾ Vgl. Tab. bei R. Pohl, Physik der Röntgenstrahlen 1912, S. 80.

¹⁰⁾ Moseley, loc. cit.

¹¹⁾ Rutherford und Andrade, Phil. Mag. (6) 27, S. 854, 1914.

¹²⁾ Rutherford, u. Andrade, loc. cit.

¹³⁾ Siegbahn, Phys. Z. 16, 753, 1914.

¹⁴⁾ Dessauer, „Homogenstrahlungslehre“ Strahlentherapie V, 1 und a. a. O.

¹⁵⁾ Winawer, Phys. Zeitschr. 15, S. 946, 1914.

von B. Winawer (Fußnote 15). Dicht dabei liegt die härteste γ -Strahlung des Radiums B mit dem Absorptionskoeffizienten $(\mu/\rho)_{Al} = 0,19$ (vgl. oben). Den Schluß der Übersicht bildet die durchdringendste γ -Strahlung des Radiums C

mit ihrem Absorptionskoeffizienten $(\mu/\rho) = 0,04$ (es dürfte einer Wellenlänge von etwa $0,01 \mu\mu$ entsprechen), welche nach Rutherford (loc. cit.) wahrscheinlich der charakteristischen K-Strahlung der schweren Radioatome entspricht.

Übersicht über das Gesamtgebiet der elektromagnetischen Wellen.

<p>↑</p> <p>10 km = $10^{13} \mu\mu$ Wellen der draht- 100 m = $10^{11} \mu\mu$ losen Telegraphie 1 - 2 mm = $(1-2) \cdot 10^6 \mu\mu$ — kürzeste beob. Hertz'sche Wellen</p>	<p>Elektrische Wellen</p>	<p>Ultraschall</p>	<p>Ultraschall</p>
<p>0,313 mm = 313 000 $\mu\mu$ — längste beob. ultrarote Wellen</p>	<p>Spektrum</p>	<p>Wärme- und Licht- wellen</p>	<p>Spektrum</p>
<p>770 - — rot</p>	<p>Sichtbares</p>	<p>Spektrum</p>	<p>Spektrum</p>
<p>390 - — violett</p>	<p>Spektrum</p>	<p>Spektrum</p>	<p>Spektrum</p>
<p>90 - — kürzeste beob. ultraviol. Wellen</p>	<p>Ultraviol. Spektrum</p>	<p>Spektrum</p>	<p>Spektrum</p>
<p>$(\mu/\rho)_{Al}$ 75 - — längste beob. Röntgen-Strahlung</p>	<p>Bereich der char. Strah- lung (K und L)</p>	<p>Diagnost. Röntgen-Str. (weich)</p>	<p>Röntgen- und X Strahl.</p>
<p>580 0,836 - — char. K-Str. des Al.</p>	<p>Gruppe der weichen γ-Str. von Ra B</p>	<p>der versch. Elemente</p>	<p>Therapeut. Röntgen-Str. (hart)</p>
<p>40 0,136 - —</p>	<p>weiche Röntgen-Str.</p>	<p>weiche Röntgen-Str.</p>	<p>weiche Röntgen-Str.</p>
<p>8 0,075 - —</p>	<p>char. K-Str. des Silbers</p>	<p>char. K-Str. des Silbers</p>	<p>char. K-Str. des Silbers</p>
<p>2,5 0,056 - —</p>	<p>härtere Röntgen-Str.</p>	<p>härtere Röntgen-Str.</p>	<p>härtere Röntgen-Str.</p>
<p>2 0,045 - —</p>	<p>härteste γ-Str. des Ra B</p>	<p>härteste γ-Str. des Ra B</p>	<p>härteste γ-Str. des Ra B</p>
<p>0,19 0,023 - —</p>	<p>X γ-Strahlung</p>	<p>X γ-Strahlung</p>	<p>X γ-Strahlung</p>
<p>0,15 0,02 - —</p>	<p>Durchdringendste X-Strahlung des Ra C</p>	<p>Durchdringendste X-Strahlung des Ra C</p>	<p>Durchdringendste X-Strahlung des Ra C</p>
<p>0,04 0,01 - —</p>	<p></p>	<p></p>	<p></p>

Ferd. Pfeiffer.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Antike Chemie. HERMANN DIELS¹⁾ bringt in einer kürzlich erschienenen Schrift neue Beiträge zu diesem Gebiet, besonders auch in bezug auf die Herkunft des Wortes Chemie. Das erste Vorkommen des Wortes alchimia bei dem Astrologen Firmicus Maternus (336 n. Chr.) ist als eine Interpolation erwiesen, die der ersten Druckausgabe des Werkes am Ende des 15. Jahrh. hinzugefügt worden ist. Als Zeuge für das Wort Chemie ist nur Zosimos von Panopolis in Ägypten (4. Jahrh. n. Chr.) anzusehen, der anlässlich der Scheidekunst die Bemerkung macht, das erste Buch hierüber stamme von dem Propheten Chemes und daher habe die Chemie ihren Namen. Die Ableitung dieses Wortes von chemi = schwarze Erde oder Schwärze hält der Verfasser für unzutreffend, da man nach einem solchen Urwort in den chemischen und alchymistischen Schriften vergeblich suche. Vielmehr sei von der Form Chymia, die sich ebenfalls in den Handschriften häufig finde, aus-

zugehen. Diese hänge freilich nicht mit dem griechischen χυμός = Saft, wohl aber mit χύμα = Metallguß zusammen. Dies Wort werde zuerst in dem Hippokratischen Corpus von Metallen gebraucht und sei das besonders in der Septuaginta und sonstigen aus Ägypten stammenden Schriften übliche Stammwort, um die Kunst des Metallgießens und davon herkommende Ableitungen zu bezeichnen.

In der Tat umfaßt auch die antike Chemie die Lehre von den Metallen, daneben von den Edelsteinen und den Färbemitteln; die auf diese bezügliche Technik wird schon in einer alten jüdischen Legende (bei Zosimos und im Buche Henoch) als eine Art Teufelswerk hingestellt. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Technik findet sich in einem Universalwerk chemisch-technischen Inhalts, das den Namen des großen Demokrit von Abdera trägt, aber von einem gewissen Bolos im 3. Jahrhundert v. Chr. verfertigt ist. Aus dieser Quelle sind eine Reihe von Auszügen und Bearbeitungen geflossen, unter denen für Chemie und Alchemie namentlich ein vier-

¹⁾ Antike Technik, B. G. Teubner, 1914, vgl. d. Heft, S. 282.

bändiges Werk „Demokrits Physik und Mystik“ von Wichtigkeit ist. Leider sind auch von diesem nur lückenhafte und schlimm entstellte Bearbeitungen auf uns gekommen. Sicher ist aber, daß darin in vier Büchern über Gold, Silber, Perlen und Edelsteine und über Purpurfärberei gehandelt war. In dieser Schrift wie in der gesamten alchimistischen Literatur finden sich wirklich technisch mögliche Prozesse beschrieben, aber vermischt mit mystischen Formeln, philosophischen Schwindelzitate, okkultistischer Zauberei und Magie. Eine große Rolle spielt schon von den ältesten Zeiten an die Kunst, aus Kupfer Silber und aus Silber Gold zu machen. Hierbei hat das Elektron, eine in der Natur vorkommende hellgelbe Goldsilberlegierung, einen Einfluß ausgeübt; wie man aus diesem durch Abscheiden sowohl reines Silber als reines Gold erhalten kann, so glaubte man überhaupt durch die Scheidekunst jedes Metall in jedes andere überführen zu können. Nähere Kenntnis hierüber verdanken wir namentlich zwei Papyrusfunden, von denen der eine als Papyrus Leidensis X, der andere als Papyrus Holmiensis (Stockholm) bekannt ist. Der erste enthält die Geheimnisse der ägyptischen Metallfälschung und Purpurfärberei, der andere neben Rezepten über Silber und Färberei die Kapitel über Perlen und Edelsteine. Bei der Metallegierung handelt es sich besonders um das schon erwähnte Elektron (ägyptisch Asem) und um Legierungen aus Kupfer, Zinn, Quecksilber, Blei, Galmei, Messing, Arsen. Bei dem Glauben an die quantitative Vermehrung der Metalle leitete die Vorstellung, daß wie ein in die Erde gelegtes Korn hundertfältige Frucht bringe, wie ein kleines Stück

Sauerteig die ganze Masse durchsäuere, so auch ein kleines Stück edlen Metalls, in der richtigen Weise behandelt, eine unerschöpfliche Menge weiteren edlen Metalls hervorbringen könne. „Korn bringt Korn hervor, Mensch den Menschen, so erntet Gold das Gold.“ Ähnlich glaubte man im Altertum, daß in den Bergwerken die Steine nachwüchsen. (Das Wort für Brotteig (*μαῖζα*), der durch Hefe aufgeht und sich vermehrt, ist als Massa, Masse, in die europäischen Sprachen übergegangen.) Interessant sind auch die Rezepte zur Herstellung künstlicher Perlen und zur Färbung von Edelsteinen sowie über die Nachahmung des Purpurs durch billige Surrogate. Die Schriften wurden übrigens als Geheimschriften behandelt, die vornehmlich für die priesterlichen Leiter der Tempellaboratorien bestimmt waren. Deshalb steht auch in der Regel der Eid der Geheimhaltung an der Spitze, und manche Rezepte sind in Chiffreschrift gegeben, wie noch bei Roger Baco das Geheimnis der Schießpulverzusammensetzung. Aber gerade Roger Baco hat auch dazu beigetragen, die Geheimwissenschaft allgemein bekannt zu machen. Um die Wende des 13. und 14. Jahrhunderts wird der Geist des Weines nach einem wahrscheinlich antiken Rezepten in größeren Mengen hergestellt und dem allgemeinen Gebrauch zugeführt; seit eben jener Zeit wird das Schießpulver als Kriegsmittel verwandt. Die technischen Kenntnisse, die bisher zum Betrug oder zum Scherz dienten, befruchten nunmehr die ganze menschliche Kultur; es trennt sich die Chemie als Wissenschaft, um in unserer Zeit von neuem ein enges Bündnis mit der Technik einzugehen. P.

4. Unterricht und Methode.

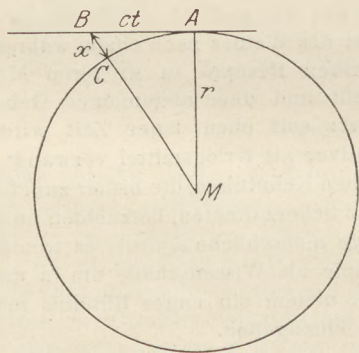
Die Zentrifugalkraft im Unterricht. Von F. POSKE. Als Ergänzung zu seiner 1909 erschienenen Schrift über die Zentrifugalkraft hat der Verfasser in der Elster und Geitel-Festschrift¹⁾ einen Aufsatz veröffentlicht, dessen wesentlichster Inhalt nachstehend wiedergegeben ist.

Es wird an die Schwierigkeiten erinnert, die bei der üblichen Behandlung der Zentrifugalkraft hervortreten. Im Anfangsunterricht, wo man sich nicht auf fest eingeprägte

Grundbegriffe, sondern auf das natürliche und tatsächliche Denken zu stützen hat, empfindet man diese Schwierigkeiten besonders störend. Die Art, wie das Auftreten der Zentrifugalkraft erklärt wird, macht durchaus den Eindruck eines Zauberkunststückes, und nicht minder der Umstand, daß der solcherart nachgewiesenen Kraft in demselben Atemzuge die Realität wieder abgesprochen wird. Wendet man sich in der hierdurch hervorgerufenen Bedrängnis an den Forscher, der als der Schöpfer des Begriffes der Zentrifugalkraft gelten muß, an Christian Huygens, so ist man überrascht, zu sehen, wie einfach und natürlich der geniale, noch nicht durch ein fertiges System beeinflusste Denker die Sache

¹⁾ Arbeiten aus den Gebieten der Physik, Mathematik, Chemie, Julius Elster und Hans Geitel zu ihrem 60. Geburtstag gewidmet. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1915. 719 S.

dargestellt hat Seine Abhandlung über die Zentrifugalkraft, die erst nach seinem Tode erschien, ist durch die Übersetzung von F. Hausdorff in Ostwalds Klassikern (Nr. 138) bequem zugänglich geworden. Er geht hier von der Betrachtung eines Rades aus, das sich in einer horizontalen Ebene dreht, wobei von der Schwere abgesehen werden kann, und untersucht die Bewegung, die ein am Umfang des Rades befindliches, in einem gewissen Augenblick abfliegendes Kügelchen vermöge der Trägheit relativ zu einem mit dem Rade sich drehenden Achsensystem annimmt. Er findet, daß die Entfernung des Kügelchens von der Peripherie des Rades proportional dem Quadrat der Zeit zunimmt, daß es also eine gleichförmig beschleunigte Bewegung ausführt, und daß diese Bewegung am Ausgangspunkte selbst, also bei ihrem Beginn, in der Verlängerung des Radius gerichtet ist. Werde aber das Kügelchen am Abfliegen gehindert, so übe es auf die Peripherie des Rades einen ebensolchen Zug aus wie ein der Schwere unterworfenen Körper auf den Faden, an dem er aufgehängt ist.



Die Größe des Zuges, bezogen auf die Masseneinheit, wird in beiden Fällen durch die Beschleunigung gemessen, die der Körper, wenn er sich frei bewegen könnte, annähme. Auf Grund dieser Voraussetzung werden endlich auf umständlichen Wegen mit Hilfe von Proportionen die Hauptgesetze für die Zentrifugalkraft abgeleitet. Huygens läßt auch keinen Zweifel darüber, daß er diese Kraft als eine wirkliche, nicht als eine bloß scheinbare angesehen wissen will. Wenn man nachmals, angesichts der Relativität, auf die sich ihr Begriff gründet, ihren Wirklichkeitscharakter in Abrede gestellt hat, so dürfte doch heute, wo man dem Relativitätsprinzip eine andere Dignität beimißt, ein solches Bedenken nicht mehr berechtigt sein.

Der Verfasser hat diese Huygenssche Ableitung in eine ihr möglichst entsprechende moderne Form zu bringen versucht. Es sei A ein Massenpunkt am Umfange des Rades, $AB = ct$ der Weg, den der Punkt nach dem Beharrungsgesetz in der Zeit t durchlaufen würde, wenn er sich vom Umfange des Rades entfernte, $MB = \rho$ der Abstand des Massenpunktes vom Mittelpunkte des Rades zur Zeit t ; der Radius des Rades sei r . Dann ist:

$$\rho^2 = r^2 + c^2 t^2,$$

$$\rho \frac{d\rho}{dt} = c^2 t,$$

$$\rho \frac{d^2 \rho}{dt^2} + \left(\frac{d\rho}{dt} \right)^2 = c^2,$$

oder

$$\rho \frac{d^2 \rho}{dt^2} + \frac{c^4 t^2}{\rho^2} = c^2.$$

Um die im Beginn der Bewegung vorhandene Beschleunigung, die hier allein in Frage kommt, zu finden, hat man $t = 0$ zu setzen. Dann ist $\rho = r$, daher

$$r \frac{d^2 \rho}{dt^2} = c^2 \quad \text{oder} \quad \frac{d^2 \rho}{dt^2} = \frac{c^2}{r}.$$

Durch Zufügung des Massenfaktors ergibt sich hieraus sofort der bekannte Ausdruck für die Zentrifugalkraft. Soll der in A befindliche Massenpunkt an der Peripherie festgehalten werden, so muß an ihm eine Zentripetalkraft angebracht werden, die der Zentrifugalkraft entgegengesetzt gerichtet ist. Damit ist auch der Sinn des Prinzips der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung im vorliegenden Falle klargelegt.

Muß man im Elementarunterricht auf den Gebrauch der Infinitesimalmethode verzichten, so empfiehlt sich folgende ganz elementare Ableitung. Man bezeichne die Strecke CB , um die sich der Massenpunkt in der Zeit t von der Peripherie entfernt haben würde, mit x , so ist:

$$r + x = \sqrt{r^2 + c^2 t^2} = r \sqrt{1 + \frac{c^2 t^2}{r^2}},$$

daher für sehr kleine Werte von t :

$$r + x = r \left(1 + \frac{c^2 t^2}{2r^2} \right) = r + \frac{c^2 t^2}{2r},$$

mithin

$$x = \frac{c^2}{2r} \cdot t^2.$$

Hieraus ist ersichtlich, daß im Beginn der Bewegung die Änderung von x dem Gesetz einer gleichförmig beschleunigten Bewegung

folgt. Wird die Beschleunigung dieser Bewegung mit b bezeichnet, so folgt, wegen

$$v = \frac{b}{2} t^2, \text{ die Beschleunigung}$$

$$b = \frac{c^2}{r}.$$

Daß die Bahn selbst, wenn man zu endlichen Werten von t übergeht, eine Kreisevolvente wird (wie schon Huygens bemerkt

hat), kommt für den vorliegenden Zweck nicht in Betracht. Aus der Gleichung der Kreisevolvente läßt sich ebenfalls leicht der Wert des Leitstrahles ρ und daraus der Strecke x ableiten. Dabei fällt natürlich, wie auch schon Huygens bemerkt hat, der Endpunkt des von A an gerechneten Bogens ct nicht mit dem Punkt C zusammen, sondern liegt jenseits dieses Punktes. P

5. Technik und mechanische Praxis.

Trinkwasserreinigung im Felde. Die „Technischen Monatshefte“ (Francksche Verlagshandlung in Stuttgart) bringen hierüber in Jahrgang 1915, Heft 2 einen Aufsatz von Hanns Günther, dem die folgenden Mitteilungen entnommen sind.

Die Gesundheitsgefahr, die mit dem Genuß verunreinigten Wassers verbunden ist, hat in dem jetzigen Kriege sowohl auf deutscher wie auf österreichischer Seite zu umfassenden Vorkehrungen geführt, mit deren Hilfe man der Entstehung und Verbreitung von Seuchen, insbesondere Cholera und Typhus, vorzubeugen versucht hat. Das einfachste Verfahren ist die Filtration, besonders bewährt hat sich hierfür das Berkefeldsche Filter, dessen wirksamer Teil ein an einem Ende geschlossener Hohlzylinder aus gebrannter Kieselguhr ist, durch den das Wasser mittels einer Pumpe hindurchgepreßt wird. Mit kleineren Apparaten dieser Art, den Armeefiltern, sind unsere Sanitäter ausgerüstet; größere Leistungen bis zu 600 Litern in der Stunde liefern die durch Tragtiere beförderten Feldfilter; die mit Motorpumpen versehenen Filterwagen endlich können 1500 Liter Trinkwasser in der Stunde hergeben. Solche Filterwagen sind bereits im Buren- und im Kubakrieg, im Tripolisfeldzug und während der großen Aufstände in China und Deutsch-Südwest mit gutem Erfolg benutzt worden. Die Filter bedürfen allerdings in Zwischenräumen von ein paar Tagen der Reinigung behufs Entfernung der an der Oberfläche festgehaltenen Bakterien. Geschieht dies nicht, so wuchern gewisse Bakterien durch das Filter hindurch und verunreinigen das filtrierte Wasser; man muß dem durch regelmäßiges gründliches Auskochen entgegenwirken. Die im Wasser wuchernden Bakterien sind im allgemeinen für die Gesundheit unschädlich; die Krankheitserreger finden im Trinkwasser im allgemeinen nicht die richtigen Lebensbedingungen; nur im stark verseuchten, etwa durch verwesende Leichen

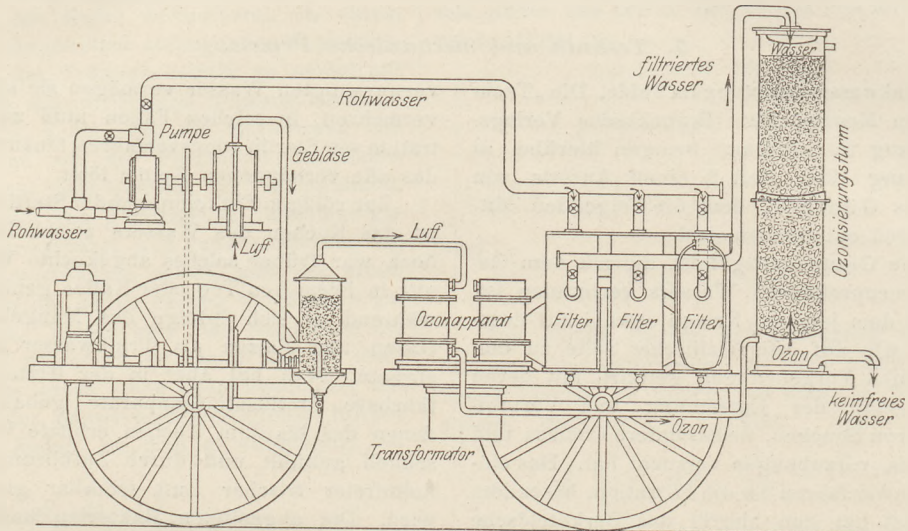
verunreinigten Wasser vermögen sie sich zu vermehren, in solchen Fällen muß zur Filtration ein Sterilisationsverfahren hinzutreten, das alle vorhandenen Keime tötet.

Zur völligen Entkeimung oder Sterilisation ist das Kochen des Wassers zweckdienlich, doch war früher solches abgekochte Wasser nur in Form von Tee oder Kaffee genießbar, während es sich infolge des Mangels von Gasen und Salzen als Trinkwasser wenig eignete. Man hat aber in der letzten Zeit fahrbare Sterilisationsapparate gebaut, in denen das bis zum Kochen erhitzte Wasser schnell gekühlt und durch Zuführung von keimfreier frischer Luft trinkbar gemacht wird. Die abgetöteten Bakterien und sonstigen Schmutzteilchen werden durch Filtration entfernt. Derartige Apparate, die gewöhnlich mit Petroleumheizung versehen sind, sind bei unseren Truppen vielfach in Gebrauch, so der fahrbare Henneberg-Hartmannsche Armeetrinkwasserbereiter, dessen Stundenleistung sich auf 1000 Liter beläuft.

Nur ausnahmsweise im Felde verwendet wird die Chlorkalksterilisierung, die zwar in der Handhabung einfach und wirksam ist, dem Wasser aber einen nicht leicht zu beseitigenden unangenehmen Geschmack verleiht. Mehr Verwendung hat die Ozonisierung gefunden, die im russisch-japanischen Kriege auf ihre Brauchbarkeit erprobt worden ist. Das Ozon wird mittels starker elektrischer Entladungen, die man durch Luft hindurchgehen läßt, erzeugt, es zerstört die Bakterien vermöge seiner ungemein starken Oxydationskraft. Doch ist für das Zustandekommen dieser Wirkung erforderlich, daß das zu sterilisierende Wasser keinen Schmutz und sonstige Verunreinigungen enthält, da das Ozon in diesem Falle seine Kraft an den Verunreinigungen erschöpft und die Bakterien unversehrt läßt. Es muß also der Ozonisierung in der Regel eine Klärung des Wassers durch Filtration vorangehen. Die für den Krieg gebauten Ozonisierungsappa-

rate bestehen demgemäß aus zwei Wagen. Der eine trägt einen Benzinmotor nebst Wechselstromdynamo, eine Pumpe zur Herbeischaffung des Rohwassers und ein kleines Gebläse, das die zu ozonisierende Luft liefert. Der andere Wagen (s. Figur) enthält einen Transformator zur Umformung des von dem Wechselstromdynamo gelieferten Stroms auf Hochspannung, die Ozonisierungsapparate,

eingebauter Quecksilberdampflampe, deren Licht besonders reich an ultraviolett Strahlen ist. Das Licht braucht bei klarem Wasser nur wenige Sekunden zu wirken, um es keimfrei zu machen, ohne daß dabei Erwärmung oder sonstige Veränderung eintritt. Die Kosten sind wegen der öfter nötigen Erneuerung der Quarzlampen nicht unerheblich. Österreich hat Apparate dieser



einige Vorfilter, die das Wasser von gröberen Schwebstoffen befreien, und einen $2\frac{1}{2}$ m hohen mit Kies gefüllten Turm, in dem sich die Ozonisierung des geklärten Wassers vollzieht. Das Ozon wird dabei, um alle Keime sicher abzutöten, in solchem Überschuß angewandt, daß selbst bei sehr schlechtem Rohwasser höchstens die Hälfte verbraucht wird. Die Anlage liefert bei einem Verbrauch von 2 PS. 2000–3000 Liter in der Stunde: das gelieferte Wasser hat einen frischen und angenehmen Geschmack, da das überschüssige Ozon in dem Wasser rasch zu gewöhnlichem Sauerstoff reduziert wird. Während des Transports wird der Sterilisationsturm umgelegt und ruht in zwei Teilen auf dem Wagendach, die Filter werden auf dem Maschinenwagen untergebracht, jeder Wagen wiegt dann etwa 900 kg, kann also bequem von einem Pferde gezogen werden.

Ein weiteres Mittel zur Sterilisierung des Trinkwassers liefern endlich die ultravioletten Strahlen. Es sind dazu ebenfalls zwei Wagen erforderlich, von denen der eine einen Benzinmotor, eine Pumpe und ein Dynamo trägt, während der andere den eigentlichen Sterilisierungsapparat nebst Vorfiltern enthält. Dieser besteht in einem Wasserbehälter mit

Art eingeführt, die sich im gegenwärtigen Kriege gut bewährt haben sollen. Auch die Franzosen haben solche Strahlensterilisatoren in Marokko zur Wasserbeschaffung für die Lazarette verwendet. P.

Ozonwasserwerke. Die im vorstehenden Bericht erwähnte Wasserreinigung durch Ozon wird, wie C. FRERICHSSEN in der „Technik für Alle“ 1915, Heft 4 darlegt, seit einigen Jahren bereits auch im Großbetrieb städtischer Wasserwerke angewandt. Die hierfür hauptsächlich tätige Firma ist die Siemens und Halske A. G. in Berlin. Ihr Begründer Siemens hatte schon 1857 die Entdeckung gemacht, daß der Sauerstoff der Luft durch starke elektrische Entladungen in Ozon verwandelt wird. Die Gesellschaft Siemens und Halske hat auch die ersten Apparate zur Trinkwasserreinigung konstruiert. Doch hatte sie damit keinen Erfolg, bis der Holländer Tindall sich der Sache annahm und auf Grund der Siemesschen Arbeiten in Oudshoorn bei Leyden ein Probewerk zur Gewinnung von Trinkwasser aus dem „alten Rhein“ erbaute. Ihm wurden auch, nachdem er das Verfahren auf Ausstellungen in Paris und Brüssel vorgeführt hatte, die Aufträge zuteil, eine

Versuchsanlage in St. Maur bei Paris und ein Ozonwasserwerk für das Seebad Blankenberghe zu errichten. Das Verfahren wurde 1902 vom Grafen de Frise übernommen und weiter ausgebaut. Nachdem sich noch andere Gesellschaften in Holland und in Frankreich der Sache bemächtigt hatten, nahmen auch Siemens und Halske die Arbeit wieder auf, und zwar in der ihnen eigenen gründlichen Weise, indem sie eigens zu Studienzwecken ein Ozonwasserwerk in Martinikenfelde bei Berlin einrichteten. Durch Zusammengehen mit dem Unternehmen von de Frise wurde von ihnen ein System geschaffen, das im Jahre 1908 bei einem Wettbewerb in Paris die Feuerprobe bestand und seitdem als das zurzeit vollkommenste gilt. Eine der größten Anlagen nach diesem System ist das 1910 erbaute Ozonwasserwerk der Stadt Petersburg, in dem das durch Abfälle und Unrat aller Art verunreinigte Wasser der Newa in brauchbares Trinkwasser umgewandelt wird. Das Wasser wird zunächst in einen Sinkstoffbehälter gepreßt, wird nach Absetzung der gröberen, im Wasser schwebenden Teile in eine Schnellfilteranlage geführt, wo es durch eine starke Kiesschicht von feineren Unreinigkeiten befreit wird, und tritt dann in die Ozonisierungsanlage. Die Ozonbatterien, in denen das Ozon erzeugt wird, bestehen aus Glasröhren, die sich gewöhnlich zu acht in einem Eisenkasten befinden und mit Kühlwasser umgeben sind. In jede der senkrecht gestellten Röhren ist ein Aluminiumzylinder isoliert von der Glaswand eingebaut. Die Ozonisierung der von unten zuströmenden Luft findet in dem Mantelraum statt und wird dadurch bewirkt, daß die Aluminiumzylinder an den + Pol einer Hochspannungsbatterie angeschlossen sind, während deren - Pol an den Glaszylindern liegt, die über das Kühlwasser und den Eisenbehälter geerdet sind.

Infolge des hohen Spannungsunterschiedes zwischen Aluminium- und Glaszylinder entstehen in dem Mantelraum starke Glimmentladungen, die den Sauerstoff der durchströmenden Luft in Ozon verwandeln. Die Mischung der ozonisierten Luft mit dem Wasser geschieht durch eine große Wasserstrahlpumpe, die Ozonpumpe (Emulseur), in der die Luft von dem hindurchfließenden Wasser mitgerissen wird. Die so eingeleitete Entkeimung des Wassers gelangt in den Sterilisationstürmen zum Abschluß; in dem von unten eintretenden Wasser steigt das nichtabsorbierte Ozon in feinen Bläschen empor und findet dabei Gelegenheit, die vorhandenen Bakterien vollends abzutöten. In sogenannten Entlüftungskaskaden wird das Wasser von den überschüssigen Gasen befreit und dann in großen Behältern gesammelt, aus denen es in das Leitungsnetz übertritt. Aus dem schmutzigen Newawasser ist einwandfreies Trinkwasser geworden.¹⁾

Die Tagesleistung des Petersburger Werkes beläuft sich auf 50000 cbm, der erforderliche Strom wird von einer eigenen Kraftzentrale geliefert, die Wechselstrom von 500 Perioden erzeugt und in Transformatoren auf 7000 Volt Spannung bringt.

Die Kosten belaufen sich auf 1,6–1,8 Pf. für 1 cbm, wovon etwa die Hälfte auf die Ozonisierung entfällt.

Dem Petersburger Werk sind 1911 zwei Anlagen in Paris von je 45000 cbm Tagesleistung gefolgt, später kleinere in Chemnitz, Rovigo, Florenz, Genua, Spezia, Braila u. a. Schon früher hatten Hermannstadt, Nizza, Chartres Ozonwerke eingerichtet. Wir haben hier einen Abschnitt aus dem Siegeslauf der deutschen Technik vor uns, der wie wir mit Genugtuung feststellen, in erster Reihe den uns feindlichen Nationen zugute gekommen ist. P.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Arbeiten aus den Gebieten der Physik, Mathematik, Chemie. Festschrift, Julius Elster und Hans Geitel zum 60. Geburtstag gewidmet von Freunden und Schülern. Mit 149 Abbildungen im Text und auf Tafeln sowie 5 Tabellen. 722 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1915. M 24,—.

Nicht weniger als 61 Abhandlungen umfaßt der stattliche Band, der den beiden verdienstvollen Forschern gewidmet ist, ein

Denkmal deutscher Wissenschaft inmitten der schweren Heimsuchung des Vaterlandes, die so manche Kulturarbeit hemmt. Etwa 12 dieser Arbeiten stellen eine Huldigung im engeren

¹⁾ Lehrreiche Abbildungen der ganzen Einrichtung sind in dem angeführten Heft der „Technik für Alle“ und in dem Werk von K. Ziegenberg, Die elektrische Ozontechnik, Leipzig, Zachmeister und Thal (1910), zu finden.

Sinne dar, indem sie sich auf den Spuren der Forschungen Elsters und Geitels selbst bewegen: Untersuchungen über atmosphärische Elektrizität, die γ -Strahlung des Erdkörpers, Messung schwacher Ionisationsströme, Durchgang der α -Strahlen durch Luft u. a. m. Am bemerkenswertesten und für die Gelehrten selbst bedeutsamsten ist vielleicht eine Abhandlung von Guthrick und Prager, die auf die Messungen der Lichtstärke von Fixsternen mit Hilfe eines nach Elster und Geitel gebauten lichtelektrischen Photometers Bezug nimmt und an den Sternen β und ϵ Ursae majoris Feststellungen über die Bahn des dunklen Umlaufkörpers macht, von dem die Lichtänderung herrührt. Auch eine merkwürdige Gesetzmäßigkeit, die eine größere Zahl von Fixsternen betrifft, wird daraus gefolgert. Nach Aussage der Verfasser würde keine andere bisher bekannte photometrische Methode die Veränderlichkeit aufzudecken vermocht haben. Andere Arbeiten des Bandes bewegen sich auf Gebieten, die den Arbeitsgebieten von E. und G. verwandt sind, so die große Abhandlung des jüngst verstorbenen Riecke über die Elektronentheorie der thermoelektrischen und elektrothermischen Erscheinungen; andere stehen mehr abseits und gehören dem weiteren Bereich der physikalischen Forschung an; erwähnt sei von ihnen die Abhandlung von Mie über das Prinzip von der Relativität des Gravitationspotentials, die so schwierigen Problemen wie der Begründung der Proportionalität der Trägheit und der Schwere zugewandt ist. Auch einige für Demonstrationen geeignete Versuche sind von mehreren Autoren beschrieben, über die noch besonders berichtet werden soll. Man vgl. auch die Berichte in diesem Heft S. 266 und S. 277.

P.

Weltgebäude, Weltgesetze, Weltentwicklung. Ein Bild der unbelebten Natur. Von Erich Becker, ord. Prof. a. d. Universität Münster. Berlin, Georg Reimer, 1915. 315 S. M 6,—, geb. M 7,—.

Das Buch ergänzt desselben Verfassers „Naturphilosophie“ in der „Kultur der Gegenwart“ (man vgl. d. Jahrg. d. Zeitschr., S. 225). Es umfaßt, wie schon der Titel erkennen läßt, das Ganze der unbelebten Natur; der Stoff ist im wesentlichen naturwissenschaftlich, aber er wird von erkenntnistheoretischen Gesichtspunkten betrachtet und damit einer Kritik unterzogen, die auch der Naturforschung von Nutzen sein kann. Der Standpunkt des Verfassers ist antiphänomenalistisch und zugleich antikonventionalistisch. Naturgemäß ist das

Buch mit Reflexionen auf die Methode der Forschung durchsetzt, und unterwirft namentlich auch die Newtonschen Gesetze einer erkenntnistheoretischen Untersuchung. Den ersten beiden Gesetzen erkennt der Verfasser einen im wesentlichen empirischen Charakter zu; sie sind „nicht empirisch beweisbar, aber empirisch begründbar“. Auch von dem Unabhängigkeitsprinzip erkennt er an, daß es auf Erfahrung zurückzuführen sei. Leider unterläßt er eine kritische Erörterung des Gesetzes der Gleichheit von Aktion und Reaktion. Dagegen wird die moderne Relativitätslehre eingehend besprochen. Die Lehre selbst wird schlicht und verständlich auseinandergesetzt, soweit dies ohne mathematische Hilfsmittel möglich ist. Er lehnt auch hier die konventionalistische Auffassung ab und hält dafür, daß die Grundannahme der Relativitätslehre als ein Erfahrungssatz zu betrachten und zu prüfen sei; doch sei die Prüfung vor der Hand lückenhaft und die Lehre selbst erheblichen Bedenken ausgesetzt. In diesem Zusammenhange wird auch die elektrische Auffassung der Trägheit und der Materie genauer behandelt. Einen breiten Raum nimmt auch die Energetik ein; die Erhaltung der Energie ist dem Verfasser zufolge weder ein apriorischer Satz, noch aus dem Kausalgesetz ableitbar, noch bloße Konvention, sondern ein empirisch induktiver Satz. Der Lehre vom „Wärmetod“ wird ein non liquet entgegengestellt. In noch stärkerem Maße führt die Betrachtung der Lehren von der Entwicklung der körperlichen Substanzen, von der Entwicklung der Fixsternwelt und speziell unseres Sonnensystems zu einem non liquet. Die nüchterne und sachlich eindringende Untersuchung muß eingestehen, daß sich hier ein Ozean unerforschten und vielleicht ewig unerforschbaren Gebiets ausdehnt. Dies klar und deutlich hervorgehoben zu haben, ist ein Verdienst des ausgezeichneten Buches, das durch diese Auseinandersetzung mit der mechanistischen Welterklärung eine wahrhaft philosophische Weltanschauung vorbereiten hilft.

P.

Antike Technik. Sechs Vorträge von Hermann Diels. Mit 50 Abbildungen und 9 Tafeln. 140 S. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1914. M 3,60, geb. M 4,40.

Dem Verfasser lag daran, an ausgewählten Beispielen zu zeigen, daß das Altertum auch in seinem technischen Streben mit der modernen Welt viel enger verknüpft ist als das Mittelalter, und zugleich die zahllosen Fäden bloß-

zulegen, die jene alte Welt mit der neuen verknüpfen. Er stellt nicht in Abrede, daß die Humanisten, im unklaren Idealismus befangen, lange Zeit hindurch die reale Welt des Altertums zu wenig kannten, um ihren Zusammenhang mit den heutigen Realitäten zu würdigen, glaubt aber versichern zu können, daß es heut damit anders bestellt sei. Über den ersten Vortrag über Wissenschaft und Technik bei den Hellenen ist bereits in dieser Zeitschr. (XXVII, S. 115) ausführlich berichtet worden. Der zweite Vortrag behandelt antike Türen und Schlösser, der dritte Dampfmaschine, Automat und Taxameter, wobei besonders die verschiedenen Formen der Heronschen Dampfkugel beschrieben werden. Daß der klassische Philologe bei dieser Gelegenheit mehrfach selbst experimentiert, verdient besonders hervorgehoben zu werden, wenn ihm auch andererseits bei der Erklärung des Rückstoßes ein antikisierender Irrtum unterläuft. Daß die Dampfmaschine von Branca (1629) den Grundgedanken der Turbinenräder enthält, ist dem gelehrten Verfasser gewiß nicht entgangen. Besonders interessant sind die beiden Vorträge über antike Telegraphie und über antike Artillerie. Bezüglich der letzteren werden auch die Rekonstruktionen antiker Geschütze beschrieben, die in der Saalburg aufgestellt sind. (In einer Fußnote S. 85 wird erwähnt, daß das Wort Artillerie vom lateinischen *ars, artis*, Ingenieur von *ingenium*, mittelalt. = Maschine, herkommt.) Aus dem Inhalt des letzten Vortrages über „Antike Chemie“ wird an einer anderen Stelle dieses Heftes Näheres mitgeteilt (S. 276). Das Büchlein sei den Lehrern der Naturwissenschaften angelegentlich empfohlen; es ist auch zur Lektüre für reifere Schüler vorzüglich geeignet. P.

Unterstufe der Naturlehre, Ausgabe C für höhere Mädchenbildungsanstalten (Lyzeen und Studienanstalten). In zwei Teilen. Nach A. Höflers Naturlehre bearbeitet von Dr. Friedrich Poske und Dr. Bernhard Bavink. I. Teil: Physik, mit 289 Abbildungen und 2 Tafeln. 221 S. M 2,60. II. Teil: Chemie. Mit 103 Abbildungen und 1 Tafel. 128 S. M 1,80. Braunschweig, Friedrich Vieweg u. Sohn, 1915.

Das Erscheinen dieser bereits vor dem Kriege in Angriff genommenen Ausgabe sei hier den Lesern durch eine Selbstanzeige zur Kenntnis gebracht. Gemäß den Lehrplänen für die höheren Mädchenschulen in Preußen waren in der Physik erhebliche Änderungen in der Anordnung des Stoffes nötig,

um diesen in drei Klassenpensen zu gliedern. An Stelle der Astronomie in Ausgabe A ist nur ein kurzer Abschnitt über die Bewegungen der Himmelskörper an die Mechanik der obersten Klasse angeschlossen. Die Denkaufgaben sind in die einzelnen Abschnitte eingeordnet und um zahlreiche neue Fragen und „Übungen“ vermehrt. Der Figurenbestand ist erheblich vergrößert, auch manche alte Figur durch eine neue ersetzt. Der Text ist zum großen Teil mit Rücksicht auf erhöhte Faßlichkeit und Anschaulichkeit umgearbeitet.

Die Chemie ist von dem zweiten Verfasser fast durchweg völlig neu bearbeitet, da die Anforderungen für Lyzeen und reale Studienanstalten weiter gehen als die für Gymnasien. Durch Auswahl besonders einfacher Versuche ist auch der Selbsttätigkeit der Schülerinnen reichlicher Stoff geboten. Die theoretischen Betrachtungen sind in dem Text verteilt, jedoch in besondere Paragraphen gestellt und dadurch leicht auffindbar gemacht. Die Atomistik ist schon zeitig eingeführt, auch so grundlegende Begriffe wie Reaktionswärme, Umkehrbarkeit der Reaktionen, Katalyse sind in den Lehrgang einbezogen. Das periodische System der Elemente fehlt ebenfalls nicht. In der Kristallographie ist die Einteilung nach der Symmetrie in bezug auf Symmetrieachsen bevorzugt. — Die Verfasser hoffen, daß diese Ausgabe der Mädchenbildung förderlich sein wird. P.

Einführung in die theoretische Physik. In zwei Bänden von Dr. Clemens Schaefer, a. o. Professor a. d. Universität Breslau. Erster Band. Mechanik materieller Punkte, Mechanik starrer Körper und Mechanik der Kontinua (Elastizität und Hydrodynamik). Leipzig, Veit & Co. 1914. 925 S. M 18,—, geb. M 20,—.

Mit dieser Einführung in die theoretische Physik kommt der Verf. offenbar einem Bedürfnis entgegen, denn es fehlte in der Tat zur Zeit ein Werk, das den neueren Fortschritten gebührend Rechnung trug. Der Verf. hat es in ausgezeichneter Weise verstanden, seiner Aufgabe gerecht zu werden. Die Darstellung ist überaus klar und sehr sorgfältig aufgebaut. Man merkt schon den grundlegenden Kapiteln über die Kinematik und Dynamik an, wie der Verf. schon hier vorbereitet auf die erst später in der Elektrodynamik kommenden Probleme des Relativitätsprinzips und wie er daher schon hier mit gutem Erfolge sich bemüht um eine präzise Begriffsbestimmung. Eine Übersicht der Kapiteleinteilung läßt den klaren systemati-

schen Aufbau des über 900 Seiten umfassenden Werkes erkennen. Das Werk zerfällt in drei Teile: Mechanik materieller Punkte, Mechanik starrer Körper und Mechanik der Kontinua. In allen drei Teilen wird gegliedert in allgemeine Dynamik, in der die großen Probleme allgemein gefaßt werden, und in spezielle Dynamik, in der eine Reihe spezieller Aufgaben gelöst werden. Im dritten Teil sind besonders auch die elastischen Schwingungen von Saiten, Membranen, Stäben und Platten, also wesentlich akustische Probleme behandelt, aber es fehlen auch nicht die verschiedenen Aufgaben aus der Hydrodynamik. Das Werk verdient wegen seiner sorgfältigen und klaren Darstellung weiteste Beachtung und ist als Führer zum Studium der theoretischen Physik sehr zu empfehlen. Hoffentlich gelingt es dem Verf., die noch fehlenden Teile (Wärme, Elektrizitätslehre und Optik) in ähnlicher Weise zur Darstellung zu bringen, wobei allerdings dem Ref. ein Fragezeichen gestattet sein mag, ob es richtig war, dem Werke von vornherein die Bezeichnung mitzugeben: „in zwei Bänden“. Der zweite Band wird doch wohl noch geteilt werden müssen, wenn er nicht unhandlich werden soll. *Classen.*

„Der ewige Kreislauf des Weltalls.“ Von Prof. Dr. Ludwig Zehnder. Mit 214 Abb. u. 1 Tf. Braunschweig 1914. Fr. Vieweg & Sohn. 408 S. M 10,50.

In diesem ansprechend ausgestatteten Werk gibt der Verfasser eine eingehende Entwicklung seiner Vorstellungen über die Entstehung und das weitere Werden des Weltalls. Verf. ist schon wiederholt mit Veröffentlichungen, die sich auf ähnliche Probleme beziehen, hervorgetreten und sagt selbst, daß das vorliegende Werk als zusammenfassendes Ergebnis eines 30jährigen Studiums zu gelten hat. Das Werk ist fließend und klar geschrieben, so daß es im allgemeinen auch ohne besonders tiefe Vorkenntnisse verständlich sein wird. Es zerfällt in drei Teile. Im ersten wird eine schöne Übersicht über unsere gegenwärtigen astronomischen Kenntnisse gegeben. Dieser Teil ist jedenfalls recht lesenswert, da er in gedrängter, aber doch übersichtlicher Form ein vollständiges Bild der Sternenwelt, einschließlich der Sonne und Planeten, gibt, zugleich mit einer Herleitung der Gründe, die uns zu unseren jetzigen Vorstellungen geführt haben. Im zweiten Teile werden die wichtigsten bisher ausgesprochenen Hypothesen über die

Entstehung und Zukunft des Weltalls aufgeführt und in recht übersichtlicher Weise besprochen, zugleich mit den Einwänden, die sich gegen die einzelnen vorbringen lassen. Während diese beiden Teile etwas über die Hälfte des 400 Seiten umfassenden Werkes ausmachen, wird nun im dritten Teile, der offenbar dem Verf. am meisten am Herzen gelegen hat, des Verf. eigene Gedankenwelt zur Darstellung gebracht. Es wird hier den mancherlei alten Versuchen ein neuer Versuch gegenübergestellt, der nun die Schwierigkeiten der bisherigen Hypothesen vermeiden soll. Dem Ref. will es scheinen, als ob es nicht schwer wäre, auch diesem Versuche ähnlich gewichtige Bedenken gegenüberzustellen, wie der Verf. sie den alten Hypothesen gegenüber ausfindig zu machen versteht. Besonders berührt es den Physiker eigentümlich, wenn er sieht, wie der Verf. an den neuen großen Problemen der Physik, die mit dem Namen des Relativitätsprinzips verknüpft sind, so gänzlich stillschweigend vorbeigeht. Um wenigstens anzudeuten, in welcher Richtung die Vorstellungen des Verf. sich bewegen, sei erwähnt, daß der Äther als eine den Weltenraum erfüllende Substanz angesehen wird, die wie alle anderen Substanzen atomistisch zusammengesetzt ist und den Gasgesetzen folgt. Die Atomgeschwindigkeit der nach Art der Gasmoleküle sich bewegenden Ätheratome wird berechnet aus der Fallgeschwindigkeit, die die Atome erhalten müssen, wenn sie von der Grenze des Weltalls nach der Sonne hin oder nach dem Weltenschwerpunkt, wenn dort eine große Zentralsonne wäre, gravitieren. So wird als Atomgeschwindigkeit des Äthers 600 km bis 600 000 km in der Sekunde angegeben. Noch manches andere mag von den Ideen des Verf. auf manchen befremdend wirken, immerhin finden sich aber auch viele interessante Kombinationen und Gedankengänge, die zum Nachdenken anregen. Wer also überhaupt Neigung hat, dieser Art von Weltenspekulationen nachzugehen, dem kann dies Werk, besonders wegen der inhaltreichen beiden ersten Teile, gern empfohlen werden.

Classen.

Die Lichtelektrizität. Von Arthur Slewelyn Hughes. Deutsch von Max Iklé. Mit 40 Figuren. 192 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1915. M 5,60. Geb. M 6,40.

Das Buch enthält eine Zusammenstellung aller Beobachtungen, die seit der Entdeckung der Lichtwirkung auf elektrische Entladung

durch Hertz auf diesem Gebiete gemacht wurden. Der Verf. geht aus von der Ionisation von Gasen und Dämpfen durch ultravioletes Licht, bespricht in besonderen Abschnitten die Emissionsgeschwindigkeit der Lichtelektronen, den lichtelektrischen Gesamteffekt in seiner Abhängigkeit von Stärke, Schwingungszahl und Polarisationszustand des Lichts, die lichtelektrischen Eigenschaften der Metalle und der anderen festen und flüssigen Körper, den selektiven Effekt der Alkalimetalle. Die Erklärung der Erscheinungen durch die Elektronen- und Quantentheorie wird ebenfalls gegeben. Die eigenen Arbeiten des Verf. auf dem Gebiete setzen ihn in den Stand, ein ziemlich vollständiges Bild der bis jetzt bekannten lichtelektrischen Erscheinungen zu entwerfen. Genaue Literaturangaben weisen überall auf die Quellen hin. Das Buch eignet sich sowohl zur Einführung als auch als Nachschlagewerk.

Schk.

Die Chemie der Radioelemente. Von Frederick Soddy. Deutsch von Max Iklé. Zweiter Teil: Die Radioelemente und das Periodische Gesetz. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 85 S. M 2,—. Geb. M 2,80.

Das Werk des bekannten Forschers ist eine Erweiterung des 1911 erschienenen ersten Teils; es hat nicht den Charakter eines Lehrbuchs, sondern gibt mehr eine Reihe von Einzelberichten über die in den beiden letzten Jahren gemachten Untersuchungen: die Stellung der Radioelemente im periodischen System, den Zusammenhang zwischen den radioaktiven Umwandlungen und dem chemischen Charakter der Produkte, die Verzweigung der Zerfallsreihen, die Eigenschaften der Isotope usw. Die Literaturnachweise sind in einem Anhang zusammengestellt. Zur Orientierung ist das Buch wohl geeignet.

Schk.

Die Interferenz der Röntgenstrahlen. Von Dr. Erich Hupka, Dozent an der Deutsch-Chines. Hochschule in Tsingtau. Mit 33 Abbildungen und 1 Doppeltafel in Lichtdruck. Sammlung Vieweg (Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und Technik). Heft 18. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1914. VI und 68 S. Geheftet M 2,60.

Keine wissenschaftliche Entdeckung der letzten Jahre hat soviel Aufsehen erregt als die Laueschen Beobachtungen einer Interferenz der Röntgenstrahlen an Kristallen. Es ist sehr dankenswert, daß der Verf. die in

verschiedenen Abhandlungen und Zeitschriften zerstreuten Ergebnisse dieser Forschungen in dem vorliegenden Buche zusammengestellt hat. In der Einleitung gibt er eine Übersicht über die Entstehung und die Eigenschaften der Röntgenstrahlen als Ätherimpulse. Dann zeigt er die Beugung der Röntgenstrahlen durch das Molekulargefüge der Materie mit den Beobachtungen von Laue, Friedrich und Knipping. Sehr ausführlich sind die der Theorie gewidmeten Abschnitte: die Theorie von Laue und von Bragg, sowie die beide Theorien vereinigende Zusammenfassung von Wulff und Terada. Es folgen die Beobachtungen Braggs über die „Reflexion“ der Röntgenstrahlen an der Netzebene eines Kristalls, über die spektrale Verteilung der Strahlung, die Untersuchungen von Moseley und Darwin, ferner die Folgerungen Braggs über die Molekularstruktur der Kristalle. In einem Schlußkapitel wird auch die Beugung der γ -Strahlen behandelt. Das Buch ist klar geschrieben und dürfte zur Einführung sehr willkommen sein.

Schk.

Zur Lehre von den Zuständen der Materie. Von Prof. Dr. P. P. von Weimarn, Vorstand des Laboratoriums für physikalische Chemie des Berginstituts der Kaiserin Katharina II., Privatdozent an der Universität zu St. Petersburg. Dresden und Leipzig 1914, Theodor Steinkopff. Band I Text, X und 190 S.; Band II, Atlas 52 Tafeln. M 7,— geheftet, geb. M 9,—.

Das Buch ist keine bequeme Einführung in das komplizierte Gebiet der kolloidalen Chemie, dafür sind die Werke von Freundlich und Wo. Ostwald geeigneter, aber es steckt, so schwer es sich liest, voll neuer Gedanken und interessanter Versuche. — Jeder Chemiker weiß, in wie verschiedenen Formen derselbe Niederschlag, je nach den Fällungsbedingungen, auftreten kann, von der Pseudolösung über den gallertigen Zustand bis zu deutlichen Kristallen. Der Verfasser will nun beweisen, daß es den sogenannten amorphen Zustand überhaupt nicht gibt; er stellt eine Art Zustandsgleichung für die Form der bei chemischen Umsetzungen entstehenden Körper auf. Alle Einzelheiten werden durch gute Photographien und Mikrophotogramme belegt, die zum Teil Erscheinungen zeigen, die für den Neuling auf dem Gebiet der „Dispersoidologie“ ganz überraschend sind. — An die Schreibweise des Autors, der eine eigene Nomenklatur hat, viele Begriffe auf den Kopf stellt, seine Ansichten dem Leser förmlich einhämmert, muß man sich gewöhnen. Aber

die Arbeit lohnt, wenn der kritisch veranlagte Leser auch vielleicht nicht in allen Einzelheiten überzeugt wird. *W. Roth-Greifswald.*

Les propriétés optiques des solutions. Par C. Chénevan, docteur ès sciences, chef de travaux pratiques de physique à la faculté des sciences. Paris, Gauthier-Villars, 1913. VIII und 240 S. Frs. 10, -.

Das Buch behandelt die Refraktion und Dispersion der Lösungen. Ein deutsches Spezialwerk gleichen Inhalts ist dem Ref. nicht bekannt. Der Verf. bemüht sich, die weitverstreuten Einzelabhandlungen gleichmäßig heranzuziehen, auch die deutschen, was bei einem Franzosen als gar nicht selbstverständlich besonders betont werden muß. Daß hier und da Lücken und Irrtümer (namentlich bei den deutschen Namen) untergelaufen sind, ist selbstverständlich. So wird die letzte Auflage des Landolt-Börnstein, die gerade die optischen Eigenschaften der Lösungen weitgehend berücksichtigt, nicht genannt. In dem Schlußkapitel „Methoden und Meßinstrumente“, wo sich vieles uns Deutschen weniger Bekanntes findet, fehlt das wundervolle Löwische Interferometer (Zeiss, Jena), das für sehr verdünnte Lösungen geradezu das Idealinstrument ist; es ist sehr genau, sehr bequem und braucht wenig Substanz. Das nach kurzer Arbeit mit einem justierungsbedürftigen Exemplar ausgesprochene Verdikt über das Pulfrichsche Totalrefraktometer widerspricht durchaus der langjährigen Erfahrung des Referenten.

Wer sich für das Spezialgebiet interessiert, wird in dem fleißig und mit Liebe geschriebenen Buch viel Gutes finden. *Roth-Greifswald.*

Die Atomionen chemischer Elemente und ihre Kanalstrahlenspektren. Von Dr. J. Stark, Professor der Physik an der Technischen Hochschule Aachen. Mit 11 Fig. im Text und auf einer Tafel. Berlin, J. Springer, 1913. VI und 43 S. M 1,60.

Elektrische Spektralanalyse chemischer Atome. Von Dr. J. Stark, Professor der Physik an der Technischen Hochschule Aachen. Mit 4 Tafeln und 19 Fig. im Text. Leipzig, S. Hirzel, 1914. VIII und 138 S. Geh. M 5,-, geb. M 6,-.

Das Endziel der „elektrischen Spektralanalyse“ ist die Untersuchung der feineren Struktur der Atome. Das Verhalten der Linien im elektrischen und magnetischen Feld, der Stark-Doppler- und der Zeeman-Effekt geben bei feinsten spektraler Zerlegung und Dauerexposition Bilder, deren Deutung im

einzelnen auf den ersten Blick vielleicht phantastisch wirkt, aber bei näherer kritischer Prüfung Stich hält. Man könnte mit Hamlet sagen: „Das war ehemals paradox, aber jetzt bestätigen es die Zeitläufte“. Denn die Ergebnisse der radioaktiven Forschung haben auch den Chemiker an den Gedanken gewöhnt, daß das Atom nicht ein starres, homogenes Gebilde, sondern ein kunstvoller, komplizierter Aufbau aus sehr verschiedenen Bausteinen ist, die sich in den verschiedenen Spektren verraten. Nur daß wir die radioaktiven Vorgänge nicht regieren, während wir die in den Entladungsröhren nach Belieben vor- und rückläufig sich abspielen lassen können, letztere also, trotz ihrer scheinbaren Komplikation, zur Fragestellung die geeigneteren sind. Für Physiker und Chemiker ist es von Interesse, die zerstreuten und mit experimentellen Einzelheiten überlasteten Arbeiten des kühnsten Spektralanalytikers kurz und systematisch zusammengefaßt zu lesen. In der ausführlicheren „elektrischen Spektralanalyse“ macht der Verf. auch über das geeignete Instrumentarium Angaben; in beiden Heften findet man eine wertvolle Zusammenstellung der einschlägigen Arbeiten.

Interessant sind (in den „Atomionen“) die Streiflichter, die der Verf. auf die elektrolitische Dissoziationstheorie wirft. Es ist für ihn durchaus unbewiesen, daß die Stromträger in den Lösungen reine Atomionen sind, wie z. B. bei den Kanalstrahlen, eher Aggregate von Ionen mit Molekeln des Lösungsmittels; so erhält also die „Hydrattheorie“ von ganz anderer Seite her eine gewichtige Unterstützung. Daß manche Anschauungen des Verf. noch stark hypothetisch, seine Atombilder nicht wörtlich zu nehmen, sondern heuristische Behelfe sind, betont der Verf. selbst. *W. Roth-Greifswald.*

Einführung in die allgemeine und anorganische Chemie auf elementarer Grundlage von Dr. Alexander Smith, Prof. der Chemie und Direktor der chemischen Abteilung an der Columbia-Universität, New York. Deutsche Bearbeitung von Dr. Ernst Stern. III. Auflage. Überarbeitet und ergänzt von Dr. Jug. J. D'Ans. Mit einem Vorwort von Dr. Fritz Haber, ord. Honorarprofessor an der Universität Berlin. Karlsruhe i. B., G. Braun, 1914. XVI und 711 S. Mit 117 Fig. im Text. Preis geb. M 9,-.

Kürzlich ist hier die 12. Auflage des „anorganischen Holleman“ ausführlich besprochen (S. 168 dieses Jahrganges). Der

Referent hat vielfach an der Hand des Holleman und des Smith unterrichtet, gibt aber seit einigen Jahren dem Smith entschieden den Vorzug. Alles ist sinnfälliger, handlicher dargestellt, oft origineller, das Historische mitunter korrekter. Man vergleiche die Ableitung der Einatomigkeit von Helium, Argon usw. in beiden Büchern; das für Anfänger schwierige Verhältnis von $C_p : C_v$ umgeht Smith sehr geschickt, indem er nur von C_v spricht, das gleich 3 sein soll, aber außer bei Quecksilberdampf und den Edelgasen größer gefunden ist, woraus folgt, daß die anderen Gase komplizierter gebaut sind als der nachweislich monatomige *Hg*-Dampf. Der Lehrer wird in den klaren, einfachen Strichzeichnungen, die aber stets bis aufs Kleinste korrekt sind, viele einfache und lehrreiche Schulversuche abgebildet finden. Sehr gut gewählt und jedem Lehrer willkommen sind die Rechenübungen am Schluß jedes Abschnittes. Daß auch die neusten Forschungsergebnisse berücksichtigt sind, hat der Ref. an verschiedenen Stellen konstatieren können. Gegen die vorige Auflage ist das Buch um etwa 2 Bogen angewachsen; neu bearbeitet sind die Phasenregel (ganz kurz), die Werner'schen Arbeiten über anorganische Komplexe und optisch-aktive Verbindungen; diejenigen Gebiete, die zu den am meisten bearbeiteten gehören, wie die Kolloidchemie und die Radiochemie, sind erheblich erweitert und umgearbeitet worden. Die so überraschend große Wärmeentwicklung der Radiumverbindungen hätte wohl etwas mehr hervorgehoben werden können; auch ist die angegebene Zahl zu klein. Bei der Molekulargewichtsbestimmung aus der Gefrierpunktserniedrigung sind etwas unglückliche Beispiele für Nichtelektrolyte gewählt; die benutzte Zahl für die molekulare Erniedrigung ist etwas zu hoch; bei dem zahlenmäßig ausgeführten Beispiel (Wasserstoffperoxyd) ist eine wenig genaue Bestimmung benutzt. Daß die Kuproverbindungen beständiger sind als die entsprechenden Kuprverbindungen, läßt sich in dieser allgemeinen Fassung doch kaum verteidigen. Aber das sind im Grunde Kleinigkeiten, die gegenüber den vielen Vorzügen des Buches gar nicht ins Gewicht fallen. Das im besten Sinne modern und frisch geschriebene Buch sei jedem Lehrer auf das wärmste empfohlen.

Roth-Greifswald.

Einführung in die Physikalische Chemie. Von Dr. James Walker, Prof. d. Chemie a. d. Univ. Edinburgh. 2. vermehrte Auflage, nach der

7. Auflage des Originals übersetzt und herausgegeben von Dr. H. v. Steinwehr, Kais. Prof. u. Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg. Mit 62 Abb. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1914. X u. 504 S. M 9,—, in Lw. M 10,—.

Die zweite deutsche Auflage des vortrefflichen Buches von Walker unterscheidet sich von der ersten schon äußerlich durch den größeren Umfang; die Seitenzahl hat sich um $\frac{1}{5}$ vermehrt, weil eine Reihe von Kapiteln ganz neu hinzugekommen ist. Im Anschluß an die Phasenlehre sind die Kapitel Legierungen und Hydrate neu aufgenommen. Die Darstellung der Elektrochemie wurde um die Kapitel Neutralität und Salzhydrolyse, Elektromotorische Kräfte, Polarisierung und Elektrolyse vermehrt; dem Schlußteil des Buches (Thermodynamische Beweise) ist ein Abschnitt über Konzentrationsketten eingefügt worden. Bemerkenswert ist hierbei auch, daß jetzt im ganzen Buche die spezifische Leitfähigkeit in reziproken Ohms ausgedrückt ist. Als völlig neu sind die Kapitel Kolloidale Lösungen, Dimensionen der Atome und Molekeln, Radioaktive Umwandlungen eingeschoben worden.

Die Darstellung ist klar und leicht faßlich, die Sprache gewandt; Druck und Ausstattung des Buches sind schön. Das Buch ist allen Studierenden zum Eindringen in die theoretische Chemie und allen Fachgenossen zur Vertiefung ihres Unterrichtes sehr zu empfehlen.

R. Winderlich-Oldenburg i. Gr.

Kurzes Lehrbuch der Organischen Chemie. Von Prof. Dr. A. Bernthsen, Großherzogl. Bad. Hofrat, Direktor der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik Ludwigshafen a. Rh., früher Professor an der Universität Heidelberg. Zwölfte Auflage, bearbeitet in Gemeinschaft mit Dr. August Darapsky, Professor der Chemie und chemischen Technologie an der Städt. Handels-Hochschule in Köln a. Rh. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1914. XX u. 672 S. M 12,—, in Lw. geb. M 13,—.

Das ausgezeichnet bewährte Buch hat in der vorliegenden Neuauflage gegenüber der vorhergehenden keine wesentlichen Änderungen erfahren. Seine reichhaltigen Angaben sind auf das allersorgfältigste bis zur neuesten Zeit ergänzt worden.

R. Winderlich-Oldenburg i. Gr.

Grundzüge der Chemie für Lehrer- und Lehrerinnen-Bildungsanstalten. Von Dr. Siegfried Wiechowski, Seminarprofessor. Mit 73 Ab-

bildungen im Text, 2 Porträts und einer Spektraltafel in Farbendruck. Wien, Franz Deuticke, 1913. X und 254 S. Geheftet K 3,50, geb. K 4,—.

Grundlinien der Chemie für Realgymnasien. Von Dr. Siegfried Wiechowski, Professor in Wien. Erster Teil: Anorganische Chemie (für die VI. Klasse). Mit 53 Abbildungen, 3 Porträts und einer Spektraltafel in Farbendruck. Wien, Franz Deuticke, 1914. VIII und 232 S. Geheftet K 3,50 gebunden K 4,—.

Wem soll ein Lehrbuch dienen, dem Lehrer als Leitseil für seinen Unterricht oder dem Schüler als Hilfsmittel zur Wiederholung? Offenbar doch dem Schüler, der erst lernen soll, was dem Lehrer geläufig ist; ein erfahrener Schulmann kann für seine Person ein Lehrbuch ganz entbehren. Aus der Bedeutung des Schulbuches folgt mit Notwendigkeit, daß es für den Schüler lesbar und verständlich geschrieben sein muß. Dieser Forderung genügen systematische Lehrbücher der Chemie niemals. Trotzdem sind sie weit verbreitet. Geht man den Gründen dieser auffallenden Erscheinung nach, so findet man immer wieder die Meinung vertreten, daß die Lehrer eine Fesselung durch die Paragraphen eines methodischen Buches nicht lieben, weil es ihnen angeblich zu wenig Spielraum für die Entfaltung der eigenen Kräfte läßt. Bei näherer Betrachtung erweist sich diese Ansicht für ein chemisches Lehrbuch als unhaltbar, denn das Buch ist ja für den Schüler bestimmt und seinem Verständnis angepaßt. Freiheit zur selbständigen Gestaltung des Unterrichts bleibt stets genug durch Umstellung und Änderung einzelner Abschnitte, durch Einschleiben eigener Aufgaben und Versuche. Welche der vielen Möglichkeiten auch gewählt wird, immer muß die Wahl unter der Wucht der Überzeugung geschehen, daß nur durch planmäßiges Fortschreiten vom Bekannten zum Unbekannten, durch langsames, zielsicheres Verarbeiten der neu gewonnenen Begriffe und Gesetze sich ein Können erreichen läßt. Das ist in der Chemie bei reiner Systematik nicht möglich, denn hier bietet der Lehrstoff ganz besondere Schwierigkeiten. Ganz vermögen sich die Verfasser von systematischen Lehrbüchern der Chemie dem Eindrucke dieser Wahrheit nicht zu entziehen; ein chemisch Unkundiger würde ja völlig ratlos vor dem rätselvollen Inhalt stehen. Infolgedessen findet sich überall eine Einleitung, in welcher die wichtigsten Grundgesetze erörtert werden und die Zeichensprache zur Einführung kommt. Diese metho-

disch gedachten, bald langen, bald kurzen Einführungen sind durchweg unzulänglich.

Die Grundzüge und Grundlinien von Wiechowski sind solche systematischen Bücher, die für den chemischen Schulunterricht eigentlich keine Daseinsberechtigung haben. Hier dient in den einleitenden Kapiteln einzig und allein die Vereinigung von Eisenpulver mit Schwefel zur Ableitung der stöchiometrischen Gesetze (feste Verbindungsverhältnisse, vielfache Verbindungsverhältnisse, Erhaltung der Energie) und zur Einführung der Zeichensprache einschließlich der thermochemischen Gleichungen, obgleich schon oft, besonders in dieser Zeitschrift, darauf aufmerksam gemacht worden ist, daß dieser Versuch den Lernenden doch gar nichts Stöchiometrisches zeigt. Um der Kürze willen, die für eine Einleitung notwendig ist, wird auf die einleuchtende Klarheit einer tieferschürfenden methodischen Bearbeitung verzichtet.

Mit dieser Absage an die Wesensart der Grundzüge und Grundlinien und an die Unzweckmäßigkeit ihrer einführenden Kapitel sollen die beiden Bücher als solche nicht verurteilt werden. Sie sind sehr reichhaltig und gestatten daher eine Auswahl; sie berücksichtigen gebührend die wichtigen theoretischen Errungenschaften der letzten Jahrzehnte, ohne die Kenntnis der Stoffe und Vorgänge zu vernachlässigen; ihre flüssige, aber schlichte Sprache macht einen wohlthuenden Eindruck. Im Wortlaut stimmen sie fast ganz überein. Die Grundzüge enthalten die anorganische und organische Chemie sowie einen kurzen Abriss der Kristallsysteme und als Anhang ein gut ausgewähltes Literaturverzeichnis zur Fortbildung; die Grundlinien behandeln nur die anorganische Chemie auf Grundlage des periodischen Systems in etwas ausführlicherer Darstellung mit starker Betonung der physikalischen Chemie. Vielleicht ist hier schon des Guten zuviel getan: in den langen Abschnitten über die Formarten (40 Seiten!) liegt wohl eine Überschreitungserscheinung vor; denn die übersättigten Schüler werden unfehlbar eine Masse des zwangsweise Aufgenommenen aus ihrem Gedächtnis wieder ausscheiden, und nur wenig flüssiges Wissen wird übrig bleiben.

Auf geschichtliche Mitteilungen legt der Verfasser sichtlich großen Wert. So erfreulich das an sich ist, so würde man doch statt der zahlreichen Hinweise, die nur aus Namen und Zahlen bestehen, eine geringe Anzahl sachdienlicher ausführlicher Angaben lieber sehen. Ein einziges Mal ist ein Abschnitt

aus einer klassischen Arbeit abgedruckt, aus Lavoisiers *Traité élémentaire de chimie*. Wir Barbaren bestreiten auch während des haß-erfüllten Völkerringens dem Franzosen seine Verdienste nicht, aber es entspräche doch wohl der Würde des deutschen Volkes und der Wertschätzung seiner Forscher, daß in einem deutschen Schulbuche auch deutsche Geisteshelden mit eigenen Worten angeführt werden und nicht bloß ein Franzose.

Zu beanstanden wäre der wenig zweckentsprechende Ausdruck: „Energie nennen wir alles, was aus Arbeit gewonnen und wieder in Arbeit übergeführt werden kann.“ Die viel einfachere Erklärung Ostwalds: „Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu leisten“ genügt den Anforderungen viel besser. — Zu dem oft schon bekämpften, unpassenden Versuch der „Elektrolyse des Wassers“ muß in den Grundzügen eine andere Figur beschafft werden. Sie zeigt jetzt seltsamerweise in beiden Schenkeln gleichviel Gas — Der Beweis für die Behauptung: „Der Wasserstoff ist das verbreitetste Element“ wird schwer zu erbringen sein; für unsere Erdrinde ist sie sicher falsch, und über die Stoffverteilung im Weltall wissen wir trotz der Spektralanalyse doch zu wenig. *R. Windertlich-Oldenburg i. Gr.*

Geologische Diffusionen. Von Raphael Ed.

Liesegang. Mit 44 Abb. Dresden u. Leipzig. Th. Steinkopff, 1913. 180 S. M 5,—, geb. M 6,—.

Bei der Deutung der Genesis verschiedener Mineralien und bestimmter geologischer Bildungen suchte man bisher immer zuerst nach Klüften, Gängen, Spalten, kurz nach offenen Bahnen, in denen irgendwelche Lösungen sich fließend fortbewegen oder mineralbildende Gase sich ausbreiten können. Seit einiger Zeit macht sich demgegenüber eine Arbeitsrichtung geltend, die von diesen Wirkungen, die ja für ungezählte Erscheinungen fast ausschließlich verantwortlich zu machen sind, ausdrücklich absieht und für eine Reihe von Erscheinungen einen anderen Faktor der Fortbewegung und Ablagerung von Materie heranzieht, nämlich die Diffusion. Der auf diesem Gebiete besonders tätige Verfasser hat in der vorliegenden Arbeit alle Vorarbeiten gewissenhaft berücksichtigt und gibt an der Hand genauer Versuchsanordnungen und vorzüglicher Abbildungen eine ausgezeichnete zusammenfassende Darstellung dieser Diffusionserscheinungen. Es werden hier für viele bisher ungeklärte Vorgänge und Probleme neue Gesichtspunkte eröffnet. Von ganz besonderem Reiz ist die Theorie der Entstehung

der Achate, erläutert durch Versuche über sogenannte rythmische Fällungen. Die Schrift ist von hervorragender Bedeutung für den Geologen, insbesondere den Geophysiker, selbst für den praktischen Bergmann, ist aber auch für jeden geologisch oder mineralogisch interessierten Schulmann außerordentlich anregend. Wir behalten uns vor, gelegentlich noch ausführlicher darauf zurückzukommen.

O. Ohmann.

Anorganische Chemie. Von Dr. Ira Remsen, Prof. d. Ch. a. d. Univ. Baltimore. 5. Aufl. der deutschen Ausgabe. Selbständig bearbeitet von Dr. Karl Seubert, Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Hannover. Mit 2 Tf. u. 22 Abb. Tübingen, H. Laupp, 1914. XVII u. 519 S. M 9,40, geb. M 10,—.

Die neue Ausgabe des in dieser Zeitschrift wiederholt (zuletzt *XXIII*, 377) besprochenen Buches hat verhältnismäßig wenige Änderungen erfahren. Erweiterungen, denen anderwärts Kürzungen gegenüberstehen, fanden besonders statt in den von den radioaktiven Stoffen und den Elektronen handelnden Abschnitten. Das für Studierende bestimmte wertvolle Buch, dessen wichtigste Eigenart in der streng nach dem periodischen System durchgeführten Gliederung besteht, sei von neuem der Beachtung empfohlen. (.)

Einleitung in das Studium der Chemie. Von

Dr. Ira Remsen, Prof. d. Ch. a. d. Univ. in Baltimore. Autorisierte deutsche Ausgabe, selbständig bearbeitet von Dr. Karl Seubert, Prof. d. Ch. a. d. Techn. Hochschule zu Hannover. 5. Aufl. Mit 50 Abb. u. 2 Tf. Tübingen, H. Laupp, 1914. 482 S. M 6,—, geb. M 6,60 bzw. M 7,—.

Das klar geschriebene, in seinem ersten Teil methodisch geartete Buch, dessen Stoff weiterhin nach den üblichen systematischen Gruppen der Metalle und Nichtmetalle behandelt ist, sei von neuem der Beachtung empfohlen. Der Inhalt hat seitens des deutschen Bearbeiters eine nicht unbeträchtliche Erweiterung (um etwa 2½ Bogen) erfahren, so besonders durch das neu hinzugekommene Kapitel „Kohlenwasserstoffe als Grundlage organischer Substanzen“. (.)

Die Radioaktivität von Boden und Quellen. Von

Dr. A. Gockel, Prof. a. d. Univ. Freiburg (Schweiz). (Sammlung Vieweg; Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Heft 5.) Mit 10 Abb. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1914. 108 S. M 3,—.

Das inhaltreiche Buch wendet sich in erster Linie an die Freunde der Geologie, in zweiter

an den Arzt, ist aber auch für jeden chemisch und mineralogisch interessierten Leser wertvoll. Es behandelt mit exaktem Zahlenmaterial die Radioaktivität sowohl der Gesteine — die z. B. bei 86 gemessenen sauren Gesteinen (63 Graniten, 23 Erguß- und vulkanischen Gesteinen) im Mittel 3,01 Einheiten, d. h. tausendstel Milligramm auf 1 t Gestein, beträgt — wie auch der einzelnen Mineralien, aus deren Untersuchung hervorzugehen scheint, daß Uran und Thorium einen wesentlichen Bestandteil des granitischen Magmas bilden, da alle radioaktiven Mineralien ihren Ursprung im Granit haben. Weiterhin werden die Radioaktivität der Bodenluft, der Quellen und des Meerwassers sowie die Beziehungen der radioaktiven Stoffe zur Erdwärme erörtert. Die fesselnd geschriebene Schrift darf eines weitreichenden Interesses auch in ferner stehenden Kreisen gewiß sein, ist aber zufolge ihrer Gründlichkeit, z. B. hinsichtlich der Literaturangaben, auch für speziellere Studien geeignet.

O. Ohmann.

Einführung in die Kolloidchemie. Ein Abriss der Kolloidchemie für Lehrer, Fabrikleiter, Ärzte und Studierende. Von Dr. V. Pöschl, Prof. a. d. Handelsschule Mannheim. Vierte verbesserte Aufl. Mit 18 Bildern im Text und auf 1 Tafel. Dresden, Theod. Steinkopff, 1914, 102 S., M 2,50.

Die klar abgefaßte, vornehmlich für Praktiker bestimmte Schrift ist zur Orientierung in dem neuen, immer mehr an Bedeutung gewinnenden Gebiet recht gut geeignet. In der vorliegenden Neuaufgabe ist hauptsächlich der Abschnitt über die Untersuchungsmethoden erweitert; namentlich sind die Apparate zur Ultramikroskopie und Dunkelfeldbeleuchtung an der Hand trefflicher, von den führenden Firmen stammenden Abbildungen näher erläutert. Das Buch sei allgemeinerer Beachtung empfohlen.

O. Ohmann.

Anorganische Chemie für die Oberstufe der Realgymnasien. Von Dr. B. König, Prof. a. d. Landes-Oberrealschule in Göding, u. Dr. J. Matuschek, Prof. a. d. Staats-Oberrealschule in Wien II. Mit 28 Lehrstücken zur Geschichte der Chemie und 112 Abb. Wien, A. Pichlers Wwe., 1914, 218 S. Geb. K 3,— = M 2,50.

Organische Chemie für die Oberstufe der Realgymnasien. Von demselben Verfasser und im selben Verlage. Mit 18 Lehrstücken u. 101 Abb. 148 S. Geb. K 2,20 = M 1,85.

Beide Bücher sind in gleicher Weise wie die in dieser Zeitschrift (XXVI, 398) be-

sprochene, für Realschüler bestimmte Ausgabe mit zweckmäßigen geschichtlichen Originalstellen durchsetzt. Erfreulich ist, daß dabei die geistvollen, von den kleinsten Teilchen handelnden Hexameter des Lucrez (aus dem II. Buch de natura rerum), die fast wie eine Anticipation der modernen Atomlehre anmuten, nicht fehlen. Die Behandlung des Stoffes ist im ganzen dem Schülerverständnis gut angepaßt. Die technischen Abbildungen sind in beiden Teilen mit besonderem Geschick ausgewählt. Wenig befriedigend ist dagegen im anorganischen Teile das frühzeitige Auftreten der sogenannten „Wasserelektrolyse“, die beim Wasser ganz irreführender Weise wieder an erster Stelle steht (S. 20); auch ist es unbedingt zu verwerfen, auf Wasser geworfenes Kalium behufs Wasserstoffgewinnung mit dem Drahtnetzlöffel abfangen zu wollen (S. 21). Vielleicht trennen sich auch die österreichischen Autoren, die sonst in so rühmenswürdiger Weise auf Sprachreinheit halten, nach dem Kriege allgemein von dem Gebrauche der beliebten „Epreuve“, der sich dort gar zu hartnäckig behauptet. Im übrigen haben beide Bücher viele Vorzüge und sind wohl geeignet, in den Schülern Lust und Liebe zur Chemie zu wecken.

O.

Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. Von Dr. Oscar Schmidt, Prof. a. d. Kgl. Bau-gewerkschule in Stuttgart. Mit 27 Abb. 2. verb. Aufl. Stuttgart, K. Wittwer, 1913. 224 S. M 5,—, geb. M 5,80.

Die vorliegende Ausgabe ist eine Erweiterung der in der Sammlung Göschen erschienenen 1. Auflage. Der Stoff wird in der üblichen systematischen Anordnung dargeboten, wobei eine längere „Einleitung“ vorausgeht, die hauptsächlich die Gewichtsgesetze behandelt. Die illustrative Seite des sonst klar und übersichtlich abgefaßten Buches muß als mäßig bezeichnet werden; Abbildungen von Versuchsanordnungen fehlen fast ganz, wie denn überhaupt die experimentelle Technik stark zurücktritt; einzelne Figuren (z. B. Nr. 2) sind zeichnerisch verfehlt oder sonstwie anfechtbar (z. B. Fig. 7, die Gewichtszunahme beim Verbrennen einer Kerze, wobei die hygroskopischen Stoffe wieder nur auf einer Seite der Wage angeordnet sind). Die Ausführungen über die neuen Begriffe und Theorien, worin das Buch ziemlich weit geht, zeichnen sich durch Klarheit aus. Auch die technischen Prozesse sind angemessen berücksichtigt. Das Buch sei daher der Beachtung empfohlen.

O.

Korrespondenz.

Von Herrn A. PÉCH in Kecskemét, Ungarn, erhalten wir folgende Zuschrift über das dritte Newtonsche Gesetz:

„In dem Buche des Jenaer Universitätsprofessors F. Auerbach „Die Physik im Kriege“ ist ein Beispiel angeführt, das uns zum Nachdenken veranlaßt. Es ist dies das übliche Beispiel von der Rückwärtsbewegung des Kanonenrohres, in Verbindung gebracht mit dem sogenannten dritten Newtonschen Gesetze: man feuert das Geschütz ab, die Kugel fliegt hinaus und infolge des Gesetzes der „Aktion und Reaktion“ bewegt sich das Geschütz nach rückwärts. Es scheint aber, daß hier etwas zu bedenken ist.

Das in Rede stehende Gesetz spricht von der Wirkung zweier Körper aufeinander. Wenn nun also dieses Beispiel so ganz einfach dahingestellt wird, muß angenommen werden, hier seien das Geschütz und die Kugel die zwei Körper, welche aufeinander wirken. Das ist aber nicht richtig; sie haben miteinander in dieser Beziehung nichts zu tun.

Nach unserer Ansicht verläuft die Erscheinung wie folgt: Wenn das Pulver sich entzündet, üben die Gase, die sich hier entwickeln, einen Druck aus, und zwar im Sinne der physikalischen Gesetze, nach vorwärts-rückwärts-aufwärts-abwärts. Dieser Druck schleudert die Kugel vorwärts und die Kanone rückwärts; und eben derselbe verursacht eventuell die Sprengung des Rohres, wenn dieses nicht genug widerstandsfähig ist.

Wir könnten uns vielleicht zwingen, das Gas als einen Zwischenkörper miteinzubeziehen und so die Richtigkeit des Beispiels sozusagen durchsetzen. Ich glaube aber, die richtigste und begreiflichste Erklärung ist die soeben dargelegte.

Es ist ohnedies ziemlich schwer, die Bedeutung und den wahren Inhalt hauptsächlich des dritten Newtonschen Gesetzes den Schülern verständlich zu machen. Der kleinste Irrtum kann schon eine große Verwirrung anrichten. Darum glaube ich, würde es sich der Mühe lohnen, die Richtigkeit bzw. Unrichtigkeit des erwähnten Beispiels, welches in den physikalischen Lehrbüchern sehr häufig vorkommt, endgültig festzustellen; es wäre für den Unterricht gewiß von Nutzen, wenn

die Herren Fachgenossen sich darüber äußerten.“

Die vom Einsender vertretene Auffassung hat auch bereits F. Poske in seiner Didaktik des physikalischen Unterrichts (Leipzig 1915) S. 231 ausgesprochen.

Über die Reduktion des Wasserdampfes mit Eisenpulver erschien kürzlich in dieser Zeitschr. (XXVIII, 30) eine Mitteilung von Fr. C. G. Müller, die deshalb sehr zu begrüßen ist, weil sie erneut auf einen methodisch wichtigen Vorgang hinweist, dem z. B. Ostwald in seinen Grundlinien beim Kapitel „Wasserstoff“ eine einleitende Stellung gegeben hat. Ich habe die dort beschriebene Arbeitsweise bereits in die erste Auflage meines „Lehrganges“ (1908) übernommen und sie seither immer wieder mit bestem Erfolg angewendet; nicht bloß, um die Zersetzung des Wassers zu zeigen, sondern auch, namentlich wenn die Zeit drängte, um die wichtigsten Versuche über den Wasserstoff überhaupt zu machen. Denn mit Ausnahme der verschwindend wenigen Proben, zu denen man strömenden Wasserstoff und damit einen Gasometer oder einen Kipp braucht, kann ja alles mit Hilfe der pneumatischen Wanne erledigt werden.

Ostwalds Grundlinien sind 1900 erschienen, die zugehörigen Veröffentlichungen Rosenfelds und Ohmanns noch viel früher. Um so erstaunlicher ist es, daß man in dem 1913 oder 1914 erschienenen Preisbuch einer bedeutenden Firma die in Heumann-Kühling (1904, III. Aufl.) und auch in Arendt-Dörmer (Technik, 1910) immer noch stehen gebliebene umständliche und teure Anordnung mit einem vielflammigen Verbrennungsofen, Porzellanrohr usw. angeboten sehen kann.

Möchten durch den neuerlichen Hinweis Fr. C. G. Müllers die aus dem Lavoisierschen Flintenlauf samt seinen Eisennägeln entsprungenen versuchstechnischen Hemmungen endgültig überwunden werden, damit der wichtige Versuch, der ja eine mehrfache Ausnutzung zur Gewinnung allgemeiner Gesichtspunkte zuläßt, und der sich in den elementaren methodischen Gang weit besser einschmiegt als der Zinksalzsäureversuch, überall zur Vorführung kommt.

Prof. Dr. Küssert-Nürnberg.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1915.

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

		Oktober						November					
		4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28
♿	AR	14 ^h 6 ^m	14.13	14.11	13.56	13.35	13.22	13.25	13.41	14. 4	14.32	15. 2	15.33
	D	- 16 ^o	- 17	- 16	- 14	- 10	- 7	- 7	- 8	- 10	- 13	- 16	- 19
♀	AR	13 ^h 1 ^m	13.24	13.47	14.11	14.35	14.59	15.24	15.50	16.16	16.42	17. 9	17.37
	D	- 5 ^o	- 8	- 10	- 12	- 15	- 17	- 19	- 20	- 22	- 23	- 24	- 24
☉	AR	12 ^h 37 ^m	12.56	13.14	13.33	13.52	14.11	14.30	14.50	15.10	15.31	15.52	16.13
	D	- 4 ^o	- 6,0	- 7,8	- 9,7	- 11,5	- 13,2	- 14,9	- 16,3	- 17,8	- 19,0	- 20,2	- 21,2
♂	AR	8 ^h 2 ^m	8.13	8.25	8.36	8.46	8.57	9. 6	9.16	9.25	9.33	9.40	9.47
	D	+ 22 ^o	+ 21	+ 20	+ 20	+ 19	+ 19	+ 18	+ 18	+ 17	+ 17	+ 16	+ 16
♃	AR	23 ^h 31 ^m		23.27		23.23		23.21		23.20		23.21	
	D	- 5 ^o		- 5		- 6		- 6		- 6		- 6	
♄	AR	7 ^h 9 ^m						7.11					
	D	+ 22 ^o						+ 22					
☾	Aufg.	6 ^h 6 ^m	6.14	6.23	6.32	6.41	6.50	7. 0	7. 9	7.18	7.27	7.36	7.44
	Unterg.	17 ^h 31 ^m	17.20	17. 8	16.57	16.47	16.36	16.27	16.18	16.10	16. 2	15.56	15.51
☾	Aufg.	0 ^h 15 ^m	7. 5	13.47	15.35	16.46	20.43	1.47	9. 8	13.14	14.18	16.32	22.11
	Unterg.	15 ^h 51 ^m	16.58	20.37	2.12	8.32	13. 9	14.35	16.18	22.39	3.50	9.42	12.14
Sternzeit im mittl. Mittg.		12 ^h 48 ^m 14 ^s	13. 7.57	13.27.39	13.47.22	14. 7. 5	14.26.48	14.46.30	15. 6.13	15.25.56	15.45.39	16. 5.22	16.25. 4
Zeitgl.		- 10 ^m 58 ^s	- 12.26	- 13.43	- 14.48	- 15.37	- 16. 9	- 16.22	- 16.14	- 15.45	- 14.56	- 13.46	- 12.16

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Okt. 8, 22 ^h 42 ^m	Okt. 15, 14 ^h 52 ^m	Okt. 23, 1 ^h 16 ^m	Okt. 31, 5 ^h 40 ^m
	Nov. 7, 8 ^h 52 ^m	Nov. 14, 0 ^h 3 ^m	Nov. 21, 18 ^h 36 ^m	Nov. 29, 23 ^h 11 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	gegen Ende des Monats morgens im SO für kurze Zeit sichtbar	unsichtbar	morgens 6 bis 7 Stunden lang sichtbar	abends noch 9 ¹ / ₂ bis 8 ³ / ₄ Stunden lang sichtbar	morgens 6 ¹ / ₂ bis 9 ¹ / ₄ Stunden lang sichtbar
im November	in der ersten Monatshälfte morgens bis 3/4 Stunden lang sichtbar	wird am Anfang des Monats abends im SW sichtbar, zuletzt 1/2 Stunde lang	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 8 ³ / ₄ Stunden	zuletzt noch 7 ¹ / ₄ Stunden lang sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 12 Stunden

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Okt. 3, 21 ^h 24,8 ^m	Austritt des I. Trabanten	Okt. 29, 22 ^h 14,2 ^m	Austritt des II. Trabanten
- 12, 17 ^h 48,8 ^m	- I. -	Nov. 2, 23 ^h 35,1 ^m	- I. -
- 12, 18 ^h 28,3 ^m	- III. -	- 4, 18 ^h 4,0 ^m	- I. -
- 12, 19 ^h 11,0 ^m	Eintritt IV. -	- 11, 19 ^h 59,5 ^m	- I. -
- 12, 21 ^h 59,3 ^m	Austritt IV. -	- 23, 19 ^h 24,8 ^m	- II. -
- 19, 19 ^h 32,9 ^m	Eintritt III. -	- 24, 18 ^h 36,6 ^m	- III. -
- 19, 19 ^h 44,1 ^m	Austritt I. -	- 25, 23 ^h 50,7 ^m	- I. -
- 19, 22 ^h 29,1 ^m	- III. -	- 27, 18 ^h 19,6 ^m	- I. -
- 22, 19 ^h 37,4 ^m	- II. -	- 30, 22 ^h 2,5 ^m	- II. -
- 26, 21 ^h 39,6 ^m	- I. -		

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagehandlung gestattet.