

**Zeitschrift**  
für den  
**Physikalischen und Chemischen Unterricht.**

XX. Jahrgang.

Erstes Heft.

Januar 1907.

Am 27. Dezember des verflossenen Jahres ist

**Herr Ferdinand Springer,**

der eine der beiden Inhaber der Verlagsbuchhandlung Julius Springer, aus dem Leben geschieden.

Geboren 1846 zu Berlin, trat er 1872 in die von seinem Vater gegründete Buchhandlung ein und wurde nach dessen Tode 1877 alleiniger Inhaber der Firma, in die er 1880 seinen jüngeren Bruder Fritz als Mitbesitzer aufnahm.

Sein ungemein reger, neuen Gedanken leicht zugänglicher Geist betätigte in rastloser Arbeit den Wahlspruch seines Hauses „Alle Zeit wach“. Dieser Zeitschrift hat er von Anbeginn an ein besonderes, fast väterlich zu nennendes Interesse entgegengebracht und an seinem Teil dazu mitgeholfen, daß sie sich zu ihrer heutigen Blüte entwickelte. Für alle, die ihr nahe stehn, bedeutet sein Hingang einen beklagenswerten Verlust, bei allen wird sein Andenken in Ehren bleiben.

Der Herausgeber.

**Über den Hochschulunterricht für künftige Lehrer der Physik.**

Von

Professor **E. Grimsehl** in Hamburg.

Die letzte Pfingst-Versammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften zu Erlangen war dadurch ganz besonders ausgezeichnet, daß die Teilnehmer von den Vertretern der Universität Erlangen außerordentlich entgegenkommend aufgenommen wurden, und daß dadurch die Bande zwischen Hochschule und Mittelschule wieder enger geknüpft wurden. Die Teilnehmer wurden von den Hochschul-Dozenten in die wissenschaftlichen Laboratorien eingeführt, und es wurde ihnen so Gelegenheit geboten, einen Einblick in die Ausgestaltung des dortigen Hochschulunterrichts zu tun. Auch dadurch, daß einige Hochschul-Dozenten selbst Vorträge übernommen hatten, wurde das Interesse, das von dieser Seite den Bestrebungen des Mittelschulunterrichts gewidmet wird, bewiesen. Ein Vortrag des Direktors des physikalischen Instituts Herrn Prof. E. WIEDEMANN beschäftigte sich mit dem Hochschulunterricht für künftige Lehrer der Physik<sup>1)</sup>. Wenn ich im folgenden versuche, einige in dem Vortrage erwähnte Äußerungen durch

<sup>1)</sup> Der Vortrag ist seinen wesentlichen Teilen nach in dieser Zeitschrift XIX 265 abgedruckt.  
u. xx.

Gedanken, die sich nicht vollständig mit den Ansichten des Vortragenden decken, ja sogar zu ihnen im Widerspruch stehen, zu ergänzen, so geschieht das, weil meine Erfahrungen aus der eigenen Vorbildung, die Erfahrungen befreundeter und nahestehender Kollegen und endlich nicht zum mindesten die Mitteilungen früherer Schüler, die noch im Studium stehen, den Wunsch hervorgerufen haben, daß einige Änderungen in der Organisation des Physikunterrichts auf den Hochschulen im Interesse des physikalischen Unterrichts an den Mittelschulen und im Interesse des ganzen Faches erfolgen möchten.

Bei den die Hochschule beziehenden Abiturienten der Mittelschule hat man zwischen denen zu unterscheiden, die ein Studium nur der späteren gesicherten Lebensstellung wegen ergreifen, die also ein sogenanntes Brotstudium treiben, und denen, die das Studium eines Faches aus besonderer Neigung für das Fach gewählt haben. Die Studenten der ersten Gruppe richten sich bei der Wahl ihres Studiums nur danach, durch welches Studium sie am leichtesten und bequemsten zu dem gewünschten Ziele einer Lebensstellung gelangen. Es kommt garnicht selten vor, daß ein Abiturient bei seiner Meldung zum Abgangsexamen einen zukünftigen Beruf angibt, den er nach Absolvierung des Examens schon wieder aufgibt und durch einen anderen ersetzt, weil er erfahren hat, daß die Aussichten in diesem Beruf besser sind. Von den Studenten dieser Art ist im allgemeinen später weder für den Beruf noch für das Fach irgend eine Förderung zu erwarten, natürlich mit den Ausnahmen, wo das Interesse für das Studium während der Studienzeit selbst erst geweckt wird, wo also der das Studium beginnende Student noch nicht zu klarer Erkenntnis seiner eigenen Stärke durchgedrungen war. Vielfach gehören zu dieser Gruppe der Studenten gerade solche, die auf der Mittelschule sogenannte Musterschüler gewesen sind, die also in allen Fächern den formalen Ansprüchen der Schule gewachsen waren.

Im Gegensatz hierzu ist die zweiterwähnte Gruppe von vornherein von der Begeisterung für ihr Fach durchdrungen. Die jungen Leute treuen sich, endlich dem Zwange der sogenannten Allgemeinbildung entronnen zu sein, sie brauchen nicht mehr gegen ihren Willen Latein, Geschichte oder was es sonst sein mag zu lernen, sondern stürzen sich mit Feuereifer auf das neue, heißersehnte Gebiet. Von dieser Gruppe kann man im allgemeinen erwarten, daß sie in ihrem späteren Beruf eifrige Vertreter des Faches, begeisterte Lehrer werden, die gute Schülergenerationen wiederum für ihr Fach zu begeistern vermögen. Die Zahl solcher jungen Leute ist keineswegs gering, ja ich möchte behaupten, daß sie in vielen Fällen die Zahl der zur ersten Gruppe gehörigen weit übersteigt.

Ich nehme an, ein solcher junger Student bezieht eine deutsche Hochschule, um Physik zu studieren. Auf der Mittelschule hat er einen Überblick über das ganze Gebiet der Physik erhalten, auch wenn er nicht in allen Teilen der Physik gleichmäßig durchgebildet ist. Je nach dem von seinem Lehrer intensiver durchgenommenen Stoff wird er gerade für diesen Teil der Physik besonderes Interesse gewonnen und durch eigene Beschäftigung sogar noch manches gelernt haben, was im Unterricht nicht vorgekommen ist. Er hofft nun, auf der Hochschule den Heißhunger nach weiteren Belehrungen, nach tieferer Erkenntnis befriedigen zu können, und kommt in das Kolleg über Experimentalphysik, das an den deutschen Hochschulen für sämtliche Studierende gleichmäßig, nicht für Jünger der Physik und Mathematik besonders gehalten wird. Wenn diese Vorlesungen sicher an jeder Hochschule anders gehalten werden, wenn auch dieselben Vorlesungen von demselben Dozenten das eine Mal etwas anders ausgestaltet werden als das andere Mal, wenn also der eine Dozent beispielsweise

mehr Gewicht legt auf die historischen und physikalischen Zusammenhänge, ein zweiter auf die technischen Anwendungen, ein dritter auf die mathematische Ableitung der Formeln, so ist durchweg das Niveau, auf dem die Vorlesung steht, zu niedrig. Die Vorlesungen enthalten zumeist nur das, was der Mediziner für sein Physikum braucht. Der junge eifrige Student geht pflichtgemäß in die ersten Vorlesungen, doch fühlt er sehr bald, daß der Aufwand an Zeit in keinem Verhältnis steht zu dem, was er zu hören und zu lernen bekommt. Gewiß wird aus solcher Vorlesung der zukünftige Lehrer „eine Fülle von Wissen und Anregung“ für seinen Beruf schöpfen können, doch ist diese Fülle von Anregung mit einer so großen Menge von Dingen vermischt, die ihm absolut nichts Neues bieten, die ihm lange bekannt, von ihm oft durchdacht und schon früher verstanden sind, daß er des Besuches der Vorlesungen überdrüssig wird und aus ihnen fortbleibt. Gerade er, der seiner Natur nach besonders für die Fülle der Anregung empfänglich wäre, erhält sie nicht.

Wenn Herr Prof. WIEDEMANN auf die Tatsache hinweist, daß er bei den Gymnasial-Abiturienten oft die Begriffe der Trigonometrie vermißt hat, so bezweifle ich dies keineswegs. Ich zweifle auch nicht, daß selbst manchem Abiturienten der Oberrealschule einzelne mathematische und physikalische Begriffe wieder entfallen sind, die er früher vielleicht fest gewußt hat. Die Erfahrungen in unserem Unterricht beweisen zur Genüge, daß gerade die Fundamentalbegriffe immer und immer wiederholt werden müssen, wenn sämtliche Schüler einer Klasse in jedem Augenblick auf eine Frage danach die richtige Antwort geben sollen. Der Grund hierfür liegt aber meistens nicht etwa darin, daß die Schüler die Begriffe nicht verstanden haben oder nicht kennen, sondern darin, daß viele Menschen selbst in höherem Lebensalter geneigt sind, erst eine Antwort zu geben und dann die Antwort zu bedenken. Daß dieser Fehler bei der Jugend in stärkerem Maße hervortritt und erst durch eine durchgebildete geistige Reife überwunden wird, dazu möge als Beispiel nur die eine Tatsache dienen, die jeder Lehrer der Physik und der Mathematik auf der Mittelschule und auf der Hochschule beobachten kann, daß nämlich auf die Frage „wieviel Kubikmillimeter ein Kubikzentimeter habe“ immer wieder von einigen eine falsche Antwort gegeben wird, nicht etwa deshalb, weil das richtige Resultat nicht gewußt wird oder gar nicht gelernt ist, sondern weil gedankenlos geantwortet wird. Dabei wird dieses Zahlenverhältnis doch gewiß von der Sexta an bis zur Oberprima hinauf vielfach gelehrt und benutzt. Sollte es nun richtig sein, aus dieser Tatsache die Notwendigkeit zu folgern, daß der Student der Physik noch einmal ausführlich die Zahlenverhältnisse des metrischen Maßsystems vorgetragen erhält? Weitere Beispiele ähnlicher Art lassen sich genügend hinzufügen. Ich selbst lege von Beginn des physikalischen Unterrichts an in der Mechanik das allergrößte Gewicht darauf, daß die Schüler die Begriffe Kraft, Arbeit, Effekt streng auseinanderhalten. In allen Zweigen der Physik wird die Frage nach diesen Grundbegriffen wiederholt und eingeprägt, immer wieder überzeugt man sich, daß die Schüler den Unterschied der Begriffe verstanden haben, und doch passiert es, daß gerade auf einfache Fragen in der obersten Klasse über diese Begriffe Fehlantworten gegeben werden. Daß es auch die Hochschule trotz ihrer spezifischen Vorbildung für ein besonderes Fach nicht fertig bringt, diese Fundamentalbegriffe so festzulegen, daß der die Hochschule verlassende Kandidat in jedem Augenblick über diese Begriffe klar antwortet, das wahrzunehmen habe ich oft Gelegenheit gehabt. Es liegt mir aber fern, daraus der Hochschule auch nur den allergeringsten Vorwurf zu machen. Ich muß andererseits die von Herrn Prof. WIEDEMANN aufgestellte Behauptung, daß sich die Schule in der Be-

urteilung des wirklich dauernden Erwerbs des Schülers aus dem Unterricht täuscht, als durchaus unzutreffend bezeichnen.

Was ist nun die Folge, wenn ein begeisterter junger Student der Physik die Vorlesungen über Experimental-Physik zwar belegt, aber nicht hört? Er muß ein volles Jahr warten, bis er in seine Wissenschaft tiefer eindringen kann, da ihm der Zutritt zu den praktischen Übungen erst offensteht, wenn er die Experimentalvorlesung gehört hat. Er besucht die ihm nun am nächsten liegenden mathematischen Vorlesungen, die ihm in bei weitem höheren Maße etwas Neues zu bieten imstande sind als die physikalischen. Es wird zwar von manchen Vertretern der Mathematik auf der Hochschule behauptet, und dieser Behauptung schließt sich Herr Prof. WIEDEMANN an, daß die Abiturienten der Oberrealschule, die schon etwas von Differential- und Integralrechnung gehört haben, auch diese Anfangsvorlesungen oft schwänzen. Wenn dies der Fall ist, so ist dem Lehrer der Mittelschule, der den Schüler in Differential- und Integralrechnung eingeführt hat, ein schwerer Vorwurf zu machen, daß er seine Abiturienten vor diesem Fehler nicht genügend gewarnt hat. Die Behandlung der Differential- und Integralrechnung auf der Mittelschule ist doch wesentlich anderer Art als auf der Hochschule. Es soll auf der Mittelschule der Funktionsbegriff entwickelt werden. Dazu gehören die Anfangsbegriffe der Infinitesimalrechnung, aber nur die Grundbegriffe, soweit sie zur Entwicklung des funktionalen Denkens erforderlich sind. Der Hochschulunterricht über die Infinitesimalrechnung trägt durchweg einen kritisch-wissenschaftlichen Charakter, wenn auch vielleicht in den allerersten Vorlesungen mit Rücksicht auf die minder gute Vorbildung der Gymnasial-Abiturienten manche Begriffe, manche Formeln, manche Sätze entwickelt werden, die der Realschul-Abiturient schon kennt. Doch wird sich das nur auf die allerersten Vorlesungsstunden beschränken. Es ist Pflicht eines jeden Lehrers der Mittelschule, seine Schüler im mathematischen Unterricht ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß sie sich nicht daran stoßen sollen, wenn sie in den ersten Stunden ihrer Universitätsstudien Bekanntes hören werden, da auf mathematischem Gebiet sehr bald der Geist des Hochschulunterrichts weit über dem Mittelschulunterricht steht. Es ist mir aus meiner Praxis und Erfahrung mit Abiturienten kein Fall bekannt, daß einer meiner Schüler dieser Warnung nicht gefolgt wäre. Hierzu bemerke ich, daß dank der außerordentlich freundschaftlichen Beziehungen, die in unseren Hamburger Schulen zwischen Lehrern und Schülern bestehen, die Schüler fast ausnahmslos während der nächsten Universitätsferien schon und später immer wieder zu ihrem alten Lehrer zurückkehren und in vertraulicher Weise über ihre Taten und Untaten einen ungefälschten Bericht ablegen, ja daß die Schüler vielfach während der Ferien ihren früheren Lehrer um weitere Belehrung und Aufklärung über wissenschaftliche Fragen bitten, zu denen ihnen die Hochschule die dankenswerte Anregung gegeben hat. —

Nachdem nun der mit Begeisterung auf die Hochschule ziehende junge Student der Physik ein volles Jahr in der Physik lahmgelegt gewesen ist, darf er am Anfänger-Praktikum teilnehmen. Daß er hierbei oft Schwierigkeiten zu überwinden hat, beruht in erster Linie darin, daß ein volles Jahr verflossen ist, seitdem er sich mit der Physik beschäftigt hat, und daß er daher manches vergessen hat, was er als Abiturient sicher gewußt hat. Möge nun dem Anfänger-Praktikum der *Leitfaden von Kohlrusch* oder das *Physikalische Praktikum von Wiedemann-Ebert* zugrunde gelegt werden, der Erfolg des Praktikums ist in den meisten Fällen nur halb. Der Praktikant findet in den verschiedenen für die Praktikanten eingerichteten Räumen die Apparate für den Versuch fertig aufgestellt vor; er weiß manchmal schon vorher, mit welcher Auf-

gabe er beschäftigt wird, und hat dann die Möglichkeit, sich vorher über die Aufgabe unter Benutzung des zugrunde gelegten Buches zu informieren. Was geschieht aber meistens? Der Student hat eigentlich nur einige Ablesungen an den fertig aufgestellten Apparaten zu machen, die zur Berechnung der Konstanten nötigen Formeln findet er im Lehrbuch vor, er setzt die beobachteten Zahlenwerte in die Formeln ein und teilt im günstigsten Falle das von ihm selbst errechnete Resultat dem Leiter des Praktikums oder einem Assistenten mit. (Leider geschieht es nicht selten, daß Laboranten einfach ältere Resultate von Kommilitonen, die dieselben Versuche vor ihnen gemacht haben, kopieren oder deren Resultate wenigstens zur Korrektur der eigenen Beobachtungen benutzen. Dadurch kommen dann die Gewissenhafteren in eine ungünstige Lage und sehen sich leicht, um dem zu entgehen, zu denselben Manipulationen genötigt.) Gewiß wird es immer einzelne geben, die noch jetzt den Drang nach tieferer Erkenntnis und nach weiterer Belehrung in sich haben, ich glaube aber, daß die Zahl wesentlich geringer ist, als sie sein würde, wenn den Studenten der Physik schon im ersten Semester das Arbeiten im Praktikum gestattet würde.

Wenn der Student nun vier Semester hinter sich hat, wird er zu weiteren physikalischen Studien zugelassen, die aber leider fast ausnahmslos unter dem Titel der theoretischen Physik mathematische Vorlesungen sind. So wird er weiter von der Experimental-Physik fort und der Mathematik zu getrieben. Mittlerweile kommen die Examenssorgen. Der Student muß seine Zeit zusammennehmen und die Wahl seiner Vorlesungen danach einrichten, was wohl im Examen verlangt werden könnte. Eine seiner eigenen Neigung entsprechende freie Wahl ist jetzt fast ausgeschlossen. Es bleiben von allen Studenten, die hatten Physik studieren wollen, nur diejenigen übrig, die später als Assistenten an physikalischen Laboratorien noch Gelegenheit zu weiterer Beschäftigung haben. Die große Masse derjenigen, die in das Berufsleben eintreten, die der Jugend den physikalischen Unterricht erteilen sollen, geht auf der Hochschule für die eigentliche physikalische Ausbildung ziemlich leer aus. So verkümmert denn auch später auf den Schulen der Physikunterricht zu einem mathematischen Unterricht.

Es ist nicht meines Amtes, Vorschläge zu machen, wie diesem nicht erfreulichen Zustande abgeholfen werden kann, trotzdem glaube ich aber die von Herrn Geheimrat KLEIN in seinem Aufsätze „Probleme des mathematisch-physikalischen Hochschulunterrichts“<sup>1)</sup> aufgestellten Vorschläge unterschreiben zu sollen: „Es scheint notwendig, daß neben den einleitenden Vorlesungen, welche das jedesmalige Optimum der fachlichen Vorbildung voraussetzen, andere ergänzende Vorlesungen stehen, die von dem niederen Niveau der Vorbildung zu dem höheren überleiten.“ Wenn das Kolleg über Experimental-Physik das Optimum zugrunde legt, so ist es Sache der minder-vorbereiteten Studenten, auf der Hochschule möglichst bald das nachzuholen, was ihnen an dem Optimum fehlt. Ich meine ferner, es ist wünschenswert, daß der junge Student der Physik schon im ersten Semester das Anfänger-Praktikum besuchen darf, und daß die Vorlesungen und das Anfänger-Praktikum in Zusammenhang miteinander stehen. Ich glaube auch, daß der Student in den ersten Semestern mehr vom Anfänger-Praktikum hat als im dritten und vierten Semester. Er kann dann im 3. und 4. Semester mit weiteren experimentellen Aufgaben betraut werden. Nur das eigene Experiment kann die physikalische Ausbildung eines Menschen vermitteln. Das ist ja auch der Grund, weshalb die Vertreter der modernen Unterrichts-Bewegung auf der Mittelschule mit so großer Energie für die praktischen physikalischen Übungen auf der Schule eintreten.

<sup>1)</sup> Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, XIV, 1905, S. 477 u. flgd.

Im Anschluß hieran möchte ich noch die Tatsache konstatieren, daß die Verfechter der neueren Unterrichtsbewegung durchweg Lehrer sind, die schon eine größere Anzahl von Berufsjahren hinter sich haben. Der von der Hochschule kommende Kandidat lebt noch vollständig in den alten Ideen des Unterrichts. Im günstigsten Falle unterrichtet er in den ersten Jahren so gut oder so schlecht, wie es früher sein eigener Lehrer getan hat.

Damit streife ich die Frage nach der berufsmäßigen Ausbildung der zukünftigen Lehrer. Ich bin nicht der Ansicht, daß auf der Hochschule die Ausbildung für den Lehrerberuf in den Mittelpunkt des Studiums gestellt werden soll. Die Hochschule hat die Aufgabe der wissenschaftlichen Aus- und Durchbildung. Die berufsmäßige Ausbildung, die methodische Anleitung für den Beruf, die für die Köpfe der Schüler günstigste Anordnung des Stoffes, vermag nur ein im Amte stehender Lehrer zu geben. Daß aber der Student auf der Hochschule schon hier und da im Anschluß etwa an das mathematisch-physikalische Seminar oder das physikalische Praktikum Gelegenheit hat, mit einfachen Unterrichts-Apparaten zu arbeiten, die er auch event. einmal mit ungeschickter Hand ungestraft beschädigen darf, um sie dann vielleicht unter Anleitung des Hochschullehrers, des Assistenten oder auch nur des Institutsdieners in Stand zu setzen, erscheint mir sehr wertvoll. Daß an den Hochschulen dem zukünftigen Lehrer durch einen physikalischen Handfertigkeitsunterricht, wie er noch letzthin von Herrn Prof. Bose in Göttingen geleitet wurde, Gelegenheit zur Ausbildung der manuellen Geschicklichkeit geboten wird; daß er auch im Anschluß an das physikalische Praktikum die einfachsten Handgriffe, z. B. Löten, Glasblasen und ähnliche Manipulationen lernt, kann ebenfalls in hohem Maße für seinen zukünftigen Beruf förderlich sein. Doch wird durch alles dieses die berufsmäßige Ausbildung während des Seminars und Probejahrs nicht überflüssig gemacht.

Der Aufsatz von Herrn Prof. K. SCHREBER „Zum Unterricht in der Experimental-Physik auf den Universitäten“ (*ds. Zeitschr. XIX 213*) veranlaßt mich zu der Mitteilung, daß wir in Hamburg an der Oberrealschule auf der Uhlenhorst die Ausbildung der Kandidaten für den physikalischen Unterricht in fast genau derselben Weise ausführen, wie sie von Herrn Prof. SCHREBER in Greifswald geübt wird. Mit Freude habe ich den betreffenden Aufsatz gelesen, ich zweifle nicht, daß der Erfolg für die Kandidaten groß sein wird, trotzdem halte ich die Schule für den geeigneteren Ort einer derartigen Ausbildung. Leider ist ja an den Schulen nur dort eine solche Ausbildung möglich, wo mehrere Kandidaten zu gleicher Zeit demselben ausbildenden Lehrer überwiesen werden, und wo die zur Verfügung stehenden experimentellen Hilfsmittel dies gestatten.<sup>1)</sup> Deshalb befürworte ich, trotzdem ich prinzipiell einer anderen Ansicht zuneige, daß auch an anderen Universitäten ähnliche Ausbildungen der jungen Kandidaten ermöglicht werden, wie es von Herrn Prof. SCHREBER in Greifswald geschieht<sup>1)</sup>.

Ich schließe mit der Bitte an die Vertreter der Physik an den Hochschulen, diesen Aufsatz nicht so aufzufassen, als hätte ich nur an der Hochschulvorbildung mäkeln wollen. Der Aufsatz soll eine nach eigener Überzeugung objektiv wahr gehaltene Darstellung der tatsächlichen Verhältnisse geben und auf ein unverkennbar vorhandenes Bedürfnis hinweisen. — Es tut not, daß wir auch an den Schulen Experimental-Physiker bekommen.

<sup>1)</sup> S. a. Börnstein, Physikalische Unterrichtsübungen für künftige Lehrer. *ds. Ztschr. XIX 355*.

## Ein Apparat zum Messen der Zusammendrückbarkeit des Wassers.

Von

Prof. E. Grimsehl in Hamburg.

Der Apparat ist in Fig. 1 vollständig abgebildet, der obere Teil ist in Fig. 2 in etwas größerem Maßstabe besonders dargestellt. In Figur 2 sehen wir ein zylindrisches Gefäß *A*, dessen inneres Volumen ca. 200 ccm beträgt, von einem äußeren zylindrischen Gefäße *E* umgeben. Der Innenraum von *A* mündet oben in das Glasrohr *B*, in das mit einem Schliff das dickwandige enge Rohr *C* wasser- und luftdicht eingesetzt ist. Das äußere Gefäß *E* mündet oben in ein  $\cap$ -förmiges Glasrohr *F*, das einerseits durch einen Gummischlauch mit dem freien Ende des  $\cap$ -förmig umgebogenen Rohres *C*, andererseits durch einen Gummischlauch mit dem vertikalen Glasrohr *G* verbunden ist. Vom Glasrohr *G* ist in Fig 2 nur der obere Teil abgebildet, während wir in Fig. 1 das ganze, etwa 1 m lange Glasrohr sehen, an dessen unteres Ende ein Druckschlauch von 1 m Länge angesetzt ist, der andererseits mit dem Niveaugefäß *H* verbunden ist. Die Anordnung der einzelnen Teile an einem 1 m hohen eisernen Stativ geht aus Fig. 1 hervor. Das Gefäß *E* ist zwischen zwei

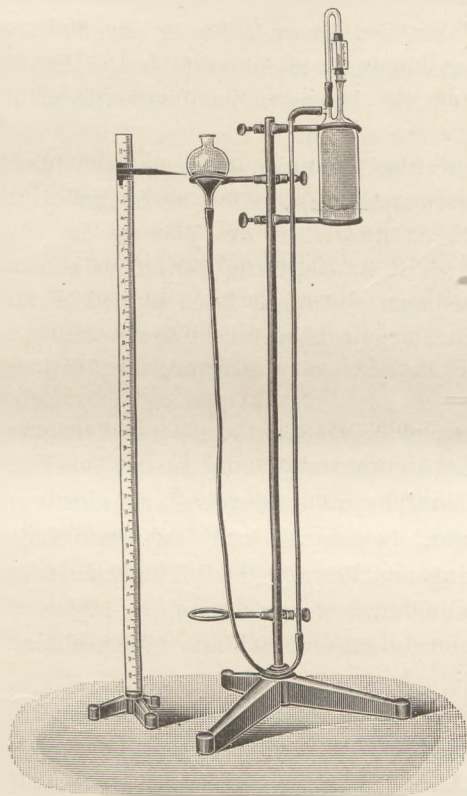


Fig. 1.

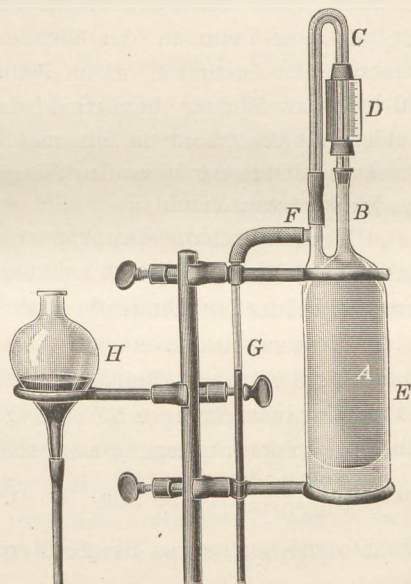


Fig. 2.

Eisenringen festgeklemmt, wobei zwischen dem Gefäß und den Ringen eine dicke Asbestpappe in feuchtem Zustande festgeklemmt ist, die auch nach dem Trocknen eine schmiegsame weiche Zwischenschicht bildet und so das Glasgefäß vor dem Zerdrücken durch die Eisenringe schützt. Ein neben dem Apparat aufgestellter Vertikalmaßstab vervollständigt den Apparat. Das Gefäß *A* einschließlich des Rohres *B* wird mit luftfreiem Wasser angefüllt. Beim Einsetzen des engen Rohres *C* in den Glasschliff steigt das Wasser in *C* in die Höhe. Der Stand des Niveaus wird an

einem auf ein Stück Spiegel aufgeklebten Maßstabe  $D$  abgelesen, der zwischen zwei Korken an das Rohr  $C$  festgeklemmt wird. Dann wird auch das äußere Gefäß  $E$  mit luftfreiem Wasser gefüllt, und in  $H$  wird so viel Quecksilber gegossen, bis das Quecksilber den Druckschlauch und das Glasrohr  $G$  bis zur angegebenen Stelle anfüllt. Endlich wird der vertikale Gummischlauch bei  $F$  überschoben und so die Verbindung zwischen  $E$  und  $C$  hergestellt.

Das in  $A$  befindliche Wasser unterliegt jetzt dem Drucke der äußeren Atmosphäre. Darauf wird das Niveaugefäß  $H$  aus dem oberen geschlitzten Ring herausgenommen und in den unteren geschlitzten Ring hineingesetzt. Man beobachtet nun ein Steigen des Wassers in  $D$ , denn der Atmosphärendruck wird um den Druck der Quecksilbersäule in  $G$  vermindert. Das Quecksilber in  $G$  sinkt auch ein wenig, da ja der obere Raum von  $C$  mit Luft gefüllt ist, die sich bei dem verminderten Drucke ausdehnt. Die Niveaudifferenz des Quecksilbers im Niveaugefäß und in dem Glasrohr  $G$  wird mit dem Vertikalmaßstabe abgelesen, es ist die Druckverminderung, die das in  $A$  eingeschlossene Wasser erfährt.

Infolge der  $-|$ -förmigen Verzweigung des Glasrohres  $F$  ist die Druckverminderung im Innern des Gefäßes  $A$ , also des Wassers, der Druckverminderung im äußeren Gefäße  $E$  gleich. Deshalb wird das Gefäß  $A$  an Volumen nicht verändert. Die an dem Maßstabe  $D$  abgelesene Volumenvermehrung ist die reine Volumenvermehrung des Wassers.

Da das enge Glasrohr  $C$  leicht abgenommen werden kann, kann es auch leicht in bekannter Weise durch Abwägen eines abgemessenen Quecksilberfadens kalibriert werden. Das Volumen des Gefäßes  $A$  wird durch Ausgießen des Wassers in eine Mensur leicht bestimmt. Beim Füllen des Gefäßes  $A$  ist sorgfältig darauf zu achten, daß luftfreies Wasser benutzt wird, das am bequemsten durch Kochen und durch nachheriges Abkühlen in einem enghalsigen Gefäß gewonnen wird, damit bei der Druckverminderung keine Luftblasen entstehen, die sonst eine zu große Ausdehnung des Wassers vortäuschen.

Die Handhabung des Apparates ist überaus einfach. Man kann, nachdem man das Volumen des Gefäßes  $A$  und den Querschnitt des Rohres  $C$  bestimmt hat, nachher kurz nacheinander Dutzende von Messungen ausführen. Ich gebe nur eins von vielen Messungsergebnissen an: Das Volumen von  $A$  war  $205 \text{ cm}^3$ , der Querschnitt von  $C$  war  $1,32 \text{ mm}^2$ . Bei der Druckverminderung um  $650 \text{ mm}$  Quecksilbersäule stieg das Wasserniveau in  $C$  um  $5,8 \text{ mm}$ . Folglich war die Volumenvermehrung  $5,8 \cdot 1,32 \text{ mm}^3$ . Für die Druckveränderung von  $1$  Atmosphäre würde daher die Volumenvermehrung betragen  $\frac{760}{650} \cdot 5,8 \cdot 1,32 \text{ mm}^3 = 9,0 \text{ mm}^3$ . Da das Gesamtvolumen des Wassers  $205\,000 \text{ mm}^3$  beträgt, so ist die Kompression bei einer Atmosphäre  $\frac{9}{205\,000} \sim \frac{1}{23\,000}$ . Dieser Wert entspricht durchaus dem Mittelwert der sonst gebräuchlichen Angaben. Die von mir gefundenen Messungsergebnisse schwankten im Maximum zwischen  $\frac{1}{21\,000}$  und  $\frac{1}{24\,000}$ . Diese Schwankungen sind leicht erklärlich, da man an dem Millimetermaßstabe  $D$  natürlich Ablesungsfehler von  $0,1$  bis  $0,2 \text{ mm}$  leicht machen kann.

Die Volumenveränderung kann auch objektiv für einen großen Zuschauerkreis durch Projektion sichtbar gemacht werden, wenn man statt des undurchsichtigen Maßstabes  $D$  einen auf Glas geätzten Maßstab anwendet.



## Ein Apparat für Magnetinduktion.

Von

E. Grimsehl in Hamburg.

Zum Nachweis der Ströme, die entstehen, wenn ein Leiter magnetische Kraftlinien schneidet, verwendet man meistens sehr kräftige Elektromagnete und ein empfindliches Spiegelgalvanometer, wenn man nur einen einfachen Draht benutzen will, da die erzeugte Spannung nur gering ist. Der Nachweis der Induktionsströme in einer vieldrätigen Spule gelingt auch mit einem gewöhnlichen Stahlmagneten und einem einfachen Galvanoskop. Es ist mir nun gelungen, auch die Induktionsströme in einem kurzen geradlinigen Leiter, der im magnetischen Felde eines Stahlmagneten bewegt wird, durch Ablenkung einer gewöhnlichen astatischen Magnetnadel nachzuweisen.

Es verlaufen zwischen den Polen eines gewöhnlichen kräftigen Hufeisenmagnets etwa  $10^3$  magnetische Kraftlinien. Wenn man daher einen geradlinigen Leiter in einer Sekunde durch das magnetische Feld des Magnets hindurch bewegt, so entsteht an den Enden des Leiters eine Spannungsdifferenz von  $10^{-5}$  Volt. Verbindet man die Enden des Leiters durch zwei Kupferdrähte von 1 mm Durchmesser und etwa 1 m Länge mit einem Galvanoskop, so haben diese Zuleitungsdrähte schon einen Widerstand von ungefähr 0,04 Ohm. Wenn wir nun den Fall annehmen, daß das Galvanoskop einen vollständig zu vernachlässigenden Widerstand hat, so kann der erzeugte Strom nur den Betrag von  $\frac{10^{-5}}{0,04} = 2,5 \cdot 10^{-3}$  Ampere erreichen. In Wirklichkeit ist aber der Widerstand des Galvanoskops nicht so klein, wie eben angenommen. In den meisten Fällen hat er eine Größe von mehreren Ohm. Selbst die dickdrätige Spule des Weinholdschen Spiegelgalvanometers hat noch einen Widerstand von ungefähr 1 Ohm; die dickdrätigen Windungen der gebräuchlichen Wagegalvanoskope haben selten weniger als 0,2 Ohm; daraus folgt, daß der erzeugte Induktionsstrom auch in günstigen Fällen selten den Betrag von  $10^{-4}$  bis  $10^{-5}$  Ampere überschreitet. Bei Verwendung der Galvanoskope mit vielen dünnen Windungen ist der erzeugte Strom bei weitem geringer.

Aus diesem Grunde erhöht man beim ersten Versuche über Magnetinduktion das magnetische Feld durch Verwendung eines Elektromagneten und vergrößert die Empfindlichkeit der Galvanoskope durch passende feine Aufhängung des abgelenkten Systems und durch Anwendung der Spiegelablesung. Man könnte daran denken, die erzeugte Spannung dadurch zu vergrößern, daß man den Leiter recht rasch durch das magnetische Feld bewegt; dadurch wird in der Tat die Spannung erhöht, aber der Strom fließt nur so kurze Zeit, daß das Galvanometer dem Ausschlage gar nicht genügend folgen kann. Man erhält die größte Ablenkung (wenn man kein ballistisches Galvanometer benutzt, bei dem der Ausschlag unabhängig von der Geschwindigkeit ist, da nur die bewegte Elektrizitätsmenge in Wirkung tritt), wenn man den Leiter in der Zeit bewegt, die die Galvanoskopsnadel zu einem halben Ausschlage gebraucht.

Die Erhöhung der Stromstärke kann man nun dadurch erreichen, daß man den Widerstand der gesamten Stromleitung vermindert. Es muß also sowohl der Widerstand des bewegten Leiters wie der der Zuleitungen und der des Galvanoskopes möglichst klein gemacht werden. Wenn man es z. B. so einrichtet, wie es bei dem zu beschreibenden Apparat geschehen ist, daß der Gesamtwiderstand nur 0,0002 Ohm

beträgt, so erhält man trotz der geringen Spannungsdifferenz von  $10^{-5}$  Volt doch die bedeutende Stromstärke  $\frac{10^{-5}}{0,0002} = \frac{1}{20}$  Ampere. Diese Stromstärke genügt aber vollständig zur Ablenkung einer Magnetnadel. Macht man die Magnetnadel astatisch, so erreicht man Ausschläge der Magnetnadel von  $30^\circ$  und mehr.

In Fig. 1 ist der Apparat abgebildet, in Fig. 2 sind die wesentlichen Teile mit Ausnahme des Magneten schematisch dargestellt. Wir sehen in Fig. 1 auf einem Stative oben den Leiter befestigt, dieser ist eine Kupferschleife (in Fig. 2 besonders abgebildet), die aus Flachkupfer von 15 mm Breite und 3 mm Dicke, also vom Querschnitt  $45 \text{ mm}^2$  besteht und 30 cm lang ist; sie ist auf der linken (in Fig. 2 auf der rechten) Seite offen, wird hier aber durch ein aufgeschraubtes Stück Vulkanfaser zusammengehalten. Die beiden übereinander liegenden Enden sind aufgeschlitzt. In den Schlitzten wird ein kleiner vertikaler Kupferstab mit federnder Reibung wagerecht hin und her geführt, wodurch der Leiter also auf der linken Seite geschlossen wird. Die rechte Seite der Kupferschleife ist direkt zu einem Galvanoskop ausgebildet, indem die beiden parallelen Kupferstreifen einander genähert sind, und indem eine astatische Magnetnadel auf einer Spitze schwebend, mit der einen Nadel oberhalb, mit der anderen zwischen den Streifen in horizontaler Ebene drehbar, angebracht ist. Mit der Nadel ist ein leichter Aluminiumzeiger unter rechtem Winkel gegen die Nadel befestigt, die beiden freien Enden des Zeigers sind zu dreieckigen roten Lappen ausgebildet, die vor einer weithin

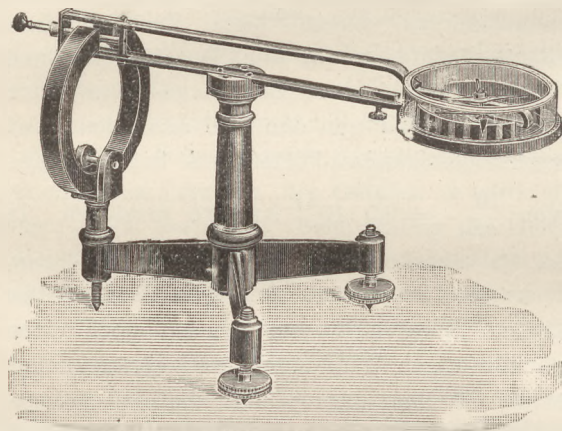


Fig. 1.

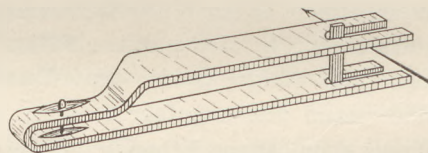


Fig. 2.

sichtbaren Teilung schweben, so daß man also die Bewegung der Nadel in einem großen Hörsaal gut sehen kann. Das Galvanoskop ist durch ein flaches zylindrisches Glas bedeckt und so vor Luftzug geschützt.

Auf dem einen (in der Figur linken) Stativfuß ist der Stahlmagnet vertikal stehend angebracht. Ich habe dazu einen ringförmigen Magneten (ein sogenanntes geschlitztes Toroid) gewählt, weil hierbei das äußere magnetische Feld nur sehr schwach ist, während die Feldstärke zwischen den Polen sehr groß ist. Das magnetische Feld befindet sich in dem Zwischenraume zwischen den freien Enden der Kupferschleife, also dort, wo der kurze vertikale Kupferstab hin und her bewegt wird. Endlich ist noch in unmittelbarer Nähe des Galvanoskops auf dem unteren Kupferstreifen ein kleiner rechteckiger Stahlmagnet drehbar und verschiebbar angebracht, mit Hilfe dessen man die Nadel bequem so einstellen kann, daß sie in der Ebene der Kupferschleife schwebt.

Infolge des schwachen äußeren magnetischen Feldes des Ringmagneten stört dieser die Stellung und Bewegung der Magnetnadel nicht, trotzdem er weniger als 30 cm von der Nadel entfernt ist. In der schematischen Figur 2 ist durch einen Pfeil die Richtung der magnetischen Kraftlinien angegeben.

Die Wirkungsweise des Apparates bedarf hier wegen der einfachen Konstruktion kaum eine Erläuterung. Ich bemerke nur, daß man die Wirkungsweise entweder so auffassen kann, daß ein geradliniger Leiter magnetische Kraftlinien schneidet, oder daß infolge der Bewegung des geradlinigen Leiters die Zahl der Kraftlinien, die durch die vom ganzen Leiter (der Kupferschleife) umflossene Fläche hindurchgehen, sich ändert. Der Sinn der Bewegung des Leiters zu den Kraftlinien ist von weitem sichtbar, der Sinn des Ausschlages, der, wie schon erwähnt, über  $30^\circ$  beträgt, ist ebenfalls sofort zu erkennen. Wenn man nun noch eine der bekannten Ablenkungsregeln, also die Amperesche Schwimmerregel oder die Rechte-Hand-Regel, anwendet, so ist der Sinn des erzeugten Stromes ohne weiteres zu erkennen. Man braucht nicht die Leitungen in ihrem Verlaufe weiter zu verfolgen, da sie direkt und klar vor Augen liegen.

Um eine möglichst große Wirkung zu erzielen, ist es gut, wenn man die Gleitflächen zwischen Kupferstab und Schlitz schwach amalgamiert, jedenfalls muß man sie gut rein halten, da sonst der Übergangswiderstand an den Gleitflächen, wenn sie auch nur schwach oxydiert sind, zu bedeutend ist. Eine im Schlitz angebrachte federnde Führung, die in der Figur kaum zu erkennen ist, sorgt zwar dafür, daß die Gleitflächen gut aneinander liegen, doch ist natürlich die peinlichste Sauberkeit der Gleitflächen die Bedingung für guten Kontakt.

Der Apparat ist nach einem von mir gebauten Modell von der Firma E. Leybolds Nachfolger in Cöln mit größter Sorgfalt ausgeführt. Diese Firma sowie die Firma A. Krüß, Hamburg, bringt ihn auch in den Handel.

## Neue Versuchsanordnung zur Synthese des Chlorwasserstoffs und des Wassers.

Von

Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H.

Der Hauptbestandteil des nachfolgenden Apparats ist der bereits in meiner Abhandlung über messende chemische Versuche (ds. Zeitschr. XIV 337) beschriebene Brenner mit elektrischer Zündung. Damals, wo es sich wesentlich um eine Demonstration des Volumgesetzes handelte, ließ man die Vereinigung von Chlor und Wasserstoff innerhalb einer Meßglocke vor sich gehen und zeigte das Vorhandensein der Säure an der sauren Reaktion des Sperrwassers. Inzwischen fand sich, daß nach dem gleichen Prinzip innerhalb eines geschlossenen Kolbens größere Mengen starker Salzsäure darstellbar sind, und zwar so, daß der Gang des Unterrichts nicht gestört und der Experimentator wenig in Anspruch genommen wird. Darauf bezügliche kurze Angaben findet man bereits im chemischen Abschnitt meiner „Technik des physikalischen Unterrichts“.

Fig. 1 zeigt die Reaktionszelle, nämlich einen 300 ccm-Jenenser Erlenmeyerkolben mit doppelt durchbohrtem Kautschukstopfen. Durch die eine Bohrung geht ein Winkelrohr *A*, durch die andere das in Fig. 1 verhältnismäßig zu dick gezeichnete Brennerrohr *B*. Dies ist ein 8–10 mm weites Glasrohr mit seitlichem Ansatz *C*. In *B* führen zwei feine Drähte hinab, welche in durch Ausziehen eines Glasrohrs erhaltenen Kapillaren stecken. Am unteren Rohrende sitzen sie in einer Tonausfütterung.

Diese wird dadurch hergestellt, daß man die einstweilen losen Kapillaren mit den Drähten durch ein dazwischen geschobenes, unten 2 cm freilassendes Holzstäbchen diametral an die Rohrwandung drückt, in das untere Rohrende Tonbrei knetet, den Tonpfropf mittels einer 1 mm starken Nadel achsial durchbohrt, an der Luft trocknen läßt und schließlich in einer Bunsenflamme fest brennt. Die aus dem Tonfutter nur eben hervorragenden Drahtenden bilden vor der Öffnung eine Funkenstrecke von einigen Millimetern. Am oberen Ende werden die Leiter, nachdem das Holzstäbchen herausgezogen, mittels Siegellack festgekittet und zu Ösen umgebogen. Es ist ein leichtes, sich derartige Brennerrohre selbst herzustellen. Die Drähte brauchen nicht notwendig aus Platin zu bestehen; ich verwende Nickeldrähte; Eisen tut es ebenfalls.

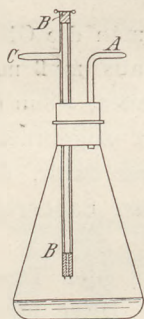


Fig. 1.

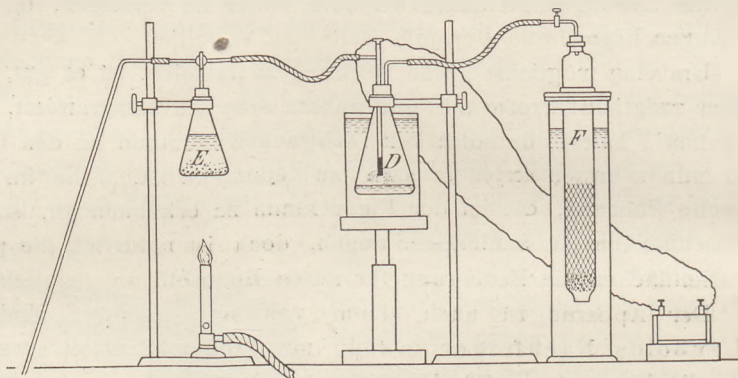


Fig. 2.

Soll die Synthese von Chlorwasserstoff vor sich gehen, so bringt man 50 ccm Wasser in den Kolben, verbindet *A* mit einem Wasserstoffentwickler und verdrängt durch Einleiten von etwa 500 ccm Wasserstoff die Luft, welche aus *C* entweicht. Nun setzt man einen kleinen, mit den Drahtösen verbundenen Funkeninduktor in Gang, verbindet *C* mit dem Chlorentwickler und läßt *A* ständig mit der Wasserstoffquelle in Verbindung. Es erscheint eine blasse Flamme an dem Brenner, das erzeugte schwere  $\text{HCl}$ -Gas fällt auf die Wasseroberfläche, eine dünne Nebelschicht bildend, und wird sofort absorbiert. In dem Maße, wie das Chlor eintritt, strömt auch der Wasserstoff aus dem Entwickler nach.

Die Anordnung des ganzen Apparats ist aus Fig. 2 ersichtlich. *D* ist der beschriebene Reaktionskolben, *E* der Chlorentwickler, *F* der mit Zinkblechschnitzeln und 20-prozentiger reiner verdünnter Schwefelsäure beschickte Wasserstoffapparat. Hinsichtlich der Chlordarstellung sei auf meine Mitteilung ds. Zeitschr. XV 24 hingewiesen. Der mit grobkörnigem guten Braunstein beschickte Jenenser Kochbecher braucht nur 200 ccm zu fassen, liefert aber trotzdem mit 150 g roher Salzsäure über einer ganz kleinen Flamme binnen 20 Minuten 5 l Chlor, welche 16 g Chlorwasserstoff und somit 66 g 24-prozentige Salzsäure geben.

Das eingeführte Chlor verbindet sich quantitativ mit dem überschüssigen Wasserstoff, so daß der Kolbeninhalt nach Beendigung des Versuchs kein freies Chlor enthält. Da beide Gase nur mit Spuren fremder Beimengungen behaftet sind, kann der Prozeß ruhig fortlaufen, und es wird sich beim Schluß zeigen, daß der Reaktionskolben immer noch mit brennbarem, anscheinend reinem Wasserstoff gefüllt ist.

Der Hauptvorteil der beschriebenen, binnen 5 Minuten zusammenstellbaren Apparatanordnung ist der, daß sich die beiden Gasströme ohne weiteres selbsttätig aufeinander einregulieren. Nachdem der Versuch vorbereitet ist, braucht der Lehrer

weiter nichts zu tun, als den Wechselhahn am Chlorkolben umzustellen, worauf der Prozeß von selbst weitergeht. Die Schüler sehen, wie beide Gase literweis in den kleinen geschlossenen Kolben einströmen und als solche verschwinden. Die Flammenbildung ist allen sichtbar, aber wegen ihres matten Lichts wenig ablenkend. Der Induktor kann nach eingetretener Zündung abgestellt werden. Während der Versuch also im Gange ist, braucht der Unterricht gar nicht Halt zu machen. Vom pädagogischen Standpunkt aus liegt der Hauptwert dieses Versuchs darin, daß er starke Salzsäure in solcher Menge liefert, um sie als solche augenfällig identifizieren zu können. Und was könnte in der Richtung beweiskräftiger sein, als daß man aus dieser durch Synthese erhaltenen Salzsäure mittels Braunstein wieder einige Zylinder voll Chlorgas frei macht?

Hieran sei noch eine Bemerkung über die schulmäßige Behandlung des Chlor Kapitels im Anfangsunterricht geknüpft. Es wäre unzweifelhaft richtig, den Ausgang vom allbekanntesten Kochsalz zu nehmen. Leider aber gibt es keinen einfachen, den Schülern verständlichen Weg, daraus das Chlor frei zu machen, etwa so, wie man aus Wasserdampf mittels brennenden Magnesiums Wasserstoff erhält. Freilich können wir durch Elektrolyse gesättigter Kochsalzlösung in einfachen Apparaten an der Anode Chlor, an der Kathode Natronlauge und Wasserstoff erhalten. Aber die elektrolytischen Vorgänge haben für die Schüler, auch wenn sie bereits mit den Anfangsgründen des Galvanismus bekannt geworden, immer etwas Rätselhaftes, so daß es methodisch doch wohl besser ist, das neue Element unvermittelt mittels Braunstein und Salzsäure auf die Bildfläche zu bringen, ohne auf den chemischen Vorgang bei seiner Darstellung näher einzugehen. Erst nachdem seine Eigenschaften demonstriert und durch einen synthetischen Versuch wie den beschriebenen die chemische Zusammensetzung der Salzsäure zur Anschauung gebracht worden, kann die Rolle des Braunsteins und anderer Stoffe mit überschüssigem Sauerstoff bei der Chlordarstellung verständlich gemacht werden.

Die beschriebene Versuchsanordnung kann auch zur Demonstration der Volumverhältnisse bei der Bildung des Chlorwasserstoffs aus seinen Bestandteilen, was übrigens erst auf der Oberstufe zu geschehen hat, verwertet werden. Insonderheit gestaltet sich der Nachweis, daß sich Chlor und Wasserstoff zu gleichen Volumen miteinander vereinigen, ebenso einfach wie anschaulich. Man braucht nur je eine Meßglocke der in Fig. 3 ersichtlichen Einrichtung zwischen den Reaktionsraum und die beiden Gasentwickler einzuschalten. So oft man aus der Chlorglocke 500 ccm Chlor in den Brenner treibt, werden aus der andern Glocke 500 ccm Wasserstoff angesaugt.

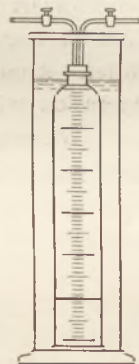


Fig. 3.

Weit umständlicher ist die Tatsache zu erhärten, daß das gebildete Chlorwasserstoffgas den gleichen Raum einnimmt wie seine beiden Bestandteile zusammengekommen. Denn nun müssen einmal Trockenapparate für beide Gase eingeschaltet werden, andererseits muß die Luft aus dem ganzen Apparat sehr gründlich ausgetrieben werden, da ja etwa zurückgebliebener Sauerstoff Wasser bilden würde, das einen Teil des Chlorwasserstoffs niederschlägt. Auf der Wasserstoffseite wird ein größerer Trockenturm nötig, während auf der Chlorseite ein kleines U-Rohr mit Schwefelsäure genügt. Der Reaktionskolben, welcher selbstverständlich trocken verwendet wird, muß nun mindestens 600 ccm fassen. Die Luft wird daraus mit trockenem Wasserstoff verdrängt bei ganz bis auf den Boden hinabgeschobenem Brennerrohr. Hinterher wird letzteres bis in den Kolbenhals hochgezogen. Treibt

man nun bei geschlossenem Funkenstrom 100 ccm Chlor in den Brenner, so tritt in die Wasserstoffglocke das gleiche Volum Gas zurück. Das farblose Gas im Kolben nimmt also den gleichen Raum ein wie die unverbundenen Gase. Bei nochmaligem Einleiten von 100 ccm erhält man das gleiche Ergebnis. Bei weiterem Einströmen fängt die Flamme an unruhig zu werden und erlischt schließlich, in welchem Momente der Chlorzufluß gesperrt wird. Der Kolben ist jetzt fast ganz mit Chlorwasserstoff gefüllt. Zieht man nun die beiden Rohre aus dem Stopfen und taucht den Kolben mit dem Stopfen nach unten in Wasser, so verrät sich der vorhandene Chlorwasserstoff durch die Absorption.

Jeder sachverständige Leser wird sich sagen, daß der beschriebene Apparat ohne weiteres auch zur Synthese des Wassers aus Wasserstoff und Sauerstoff bestens geeignet sein muß. Man braucht ja nur an Stelle des Chlorentwicklers einen Gasometer mit reinem Sauerstoff zu bringen und genau so zu verfahren, wie oben angegeben, nur daß selbstverständlich kein Wasser in den Reaktionskolben eingebracht wird. Der Versuch verläuft ungemein glatt, und schon nach 5 Minuten kann man einige Gramm synthetisches Wasser im Kolben vorzeigen.

Ogleich es an Apparaten für Wassersynthese nicht mangelt, übertrifft der in Rede stehende alle an Übersichtlichkeit [und Bequemlichkeit. Das beruht wiederum auf der selbsttätigen, genauen Einregulierung der Gasströme aufeinander. Der Experimentator braucht weiter nichts zu tun, als den Sauerstoffhahn so weit aufzudrehen, bis an dem Brenner eine 2 cm lange Knallgasflamme erscheint. Falls der Sauerstoff frei von Stickstoff, kann man den Versuch beliebig lange sich selbst überlassen. Auch wenn einige Prozente Stickstoff zugegen, versagt der Versuch keineswegs. Allerdings konzentriert sich der Stickstoff nach und nach so im Reaktionskolben, daß die Flamme unruhig wird und erlischt. Aber dann ist auch schon genügend Wasser gebildet. Auch könnte man den Stickstoff sofort mit Wasserstoff verdrängen und die Operation wiederholen.

Wenn man beide Gase mittels der Meßglocken oder aus kalibrierten Gasometern entnimmt, wird ersichtlich, daß sie sich im Volumverhältnis 1 : 2 verbinden.

## Das „funktionale Denken“ im Physikunterricht.

Von

Prof. Dr. K. Schreber in Greifswald.

Seit einer Reihe von Jahren wiederholen sich die wohl zuerst von Geheimrat Klein-Göttingen scharf präzierten und nicht nur von der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, sondern noch viel dringender vom Verein Deutscher Ingenieure immer wieder und wieder aufgestellten Forderungen, schon in der Schule das „funktionale Denken“ zu üben, die Abhängigkeit des einen vom anderen in der Natur recht frühzeitig zum Bewußtsein zu bringen. Diese Forderungen werden stets an den mathematischen Unterricht angeknüpft. Einmal ist dieser der historisch älteste Unterricht auf dem Gebiete der exakten Wissenschaften, andererseits hat er stets die vorherrschende Stellung innegehabt, und schließlich ist auch der bequemste Ausdruck des funktionalen Denkens, die Differentialrechnung, ein Gebiet der Mathematik. Aus diesen Gründen ist es sehr natürlich, daß, wenn von einer Einführung des funktionalen Denkens in den Schulunterricht die Rede ist, stets ausschließlich an die Mathematik gedacht wird.

Da LEIBNIZ, welcher die Differentialrechnung zuerst publizierte, sie rein abstrakt mathematisch aufgebaut, und da auch diese neue Rechnungsmethode ihre ersten Anwendungen und großartigen Erfolge auf dem Gebiete der rein mathematischen, geometrischen Probleme gefunden hat, so ist es erklärlich, daß man die Differentialrechnung gewöhnlich als rein mathematische Disziplin betrachtet. Bedenkt man aber, daß NEWTON seine Fluxionsrechnung von mechanischen oder, da zu NEWTONS Zeit die Mechanik noch sozusagen die ganze Physik bildete, von physikalischen Aufgaben ausgehend gefunden hat, so ist der Weg gegeben, auf dem man am bequemsten und sichersten den Inhalt des Funktionsbegriffes klar machen kann; man muß von der Physik ausgehen.

Das erfolgreichste und leichteste wäre es jedenfalls, wenn man mit der dem Kinde schon aus seinen Spielen her bekannten Erscheinung der Bewegung beginnen könnte. Leider ist aber die physikalisch einfachste Bewegung, der freie Fall, als erstes Beispiel nicht zu gebrauchen, weil er gleich zu viel, vom eigentlichen Ziel abführende Schwierigkeiten mit sich bringt, so daß der Schüler dieses leicht aus dem Auge verliert. Wegen des großen Wertes der Endbeschleunigung ist der freie Fall selbst experimentell sehr schwer zu beobachten. Verkleinert man diesen Wert nach Schober-Atwood oder nach Galilei, und hat man die hierzu nötigen Vorrichtungen hinreichend klargestellt, so daß man sicher sein kann, daß sie der Schüler als Hilfsmittel von der Hauptsache trennt und so die Gesetze des freien Falles rein erkennt, so tritt die mathematische Schwierigkeit auf, daß die Funktion durch eine Gleichung zweiten Grades dargestellt wird, die in der Mathematikstunde vielleicht noch gar nicht behandelt, sicherlich aber noch nicht vollständig eingeübt ist.

Es gibt aber in der Physik eine große Zahl von Aufgaben, welche nicht nur physikalisch so interessant sind, daß sie der Schüler gern verfolgt, sondern auch experimentell so einfach, daß er sie ohne besondere Übung selbst ausführen kann, und welche sich dabei mathematisch so leicht behandeln lassen, daß sie sehr wohl geeignet sind, dem Schüler den Begriff der Funktion zum Bewußtsein zu bringen.

In der als „Schreibtischarbeiten“ bezeichneten Einleitung zum zweiten Band der von Herrn Oberlehrer Dr. Springmann und mir herausgegebenen „Experimentierenden Physik“, in welcher ich eine Anleitung gebe, wie man die angestellten Experimente auf einfachste Weise verwerten kann, um wissenschaftliche Resultate zu erhalten, habe ich sofort den Begriff „Funktion“ eingeführt. Das Wort für diesen Begriff muß der Schüler natürlich ebenso lernen wie die Bezeichnungen für alle anderen ihm im Laufe des Unterrichtes zum Bewußtsein gebrachten Begriffe, mag es nun ein Fremdwort sein oder nicht. Wer das von mir als erstes Beispiel benutzte Experiment: Exper. Physik I 174,4 ausgeführt hat, hat dabei erkannt, daß die Länge des Stabes von der Temperatur abhängt; den Begriff der Funktion zeigt ihm das Experiment, das Wort für den Begriff sage ich ihm.

Die Art der Funktion kann man rechnerisch oder graphisch finden. Für die letztere Methode ist die vorherige Kenntnis der analytischen Geometrie durchaus nicht erforderlich, im Gegenteil, die Übung im graphischen Auftragen von Beobachtungen kann vielmehr als eine Vorbereitung für dieses mathematische Gebiet dienen, da sie ja nur den Begriff der Koordinaten gebraucht, die durch die im Experiment beobachteten Variablen anschaulich gegeben sind und deshalb den Begriff leicht erklären lassen. Zeichnen doch die Krankenschwestern nicht nur Fieberkurven auf, sondern diskutieren sie auch mit großer Sicherheit, ohne überhaupt eine Ahnung davon zu haben, daß es eine Wissenschaft gibt, die analytische Geometrie heißt.

In Exper. Physik I 47 wird die Abhängigkeit der Drillung eines Drahtes vom Torsionsmoment oder, da der Hebelarm konstant ist, von der drillenden Kraft beobachtet. Um die Art dieser Abhängigkeit, die Form der Funktion, zu erkennen, lasse ich den Torsionswinkel, welchen wir im Experiment der Einfachheit wegen immer um halbe Umdrehungen haben wachsen lassen, als Strecke auf eine vertikale Linie aufzeichnen, indem man z. B. für jede halbe Umdrehung 1 cm aufträgt. Die zu den Drillungen nötige Kraft, welche das Experiment ergeben hatte, lasse ich auf einer durch den Anfangspunkt der vorhin benutzten Vertikalen

gehenden Horizontalen nach rechts hin aufzeichnen. Dann werden 2 zusammengehörige Werte von Winkel und Kraft herausgegriffen und von der Vertikalen, der Ordinatenachse, horizontal nach rechts, von der Horizontalen, der Abszissenachse, vertikal nach oben geradlinig fortgeschritten, bis sich beide Geraden schneiden; der Schnittpunkt wird markiert. Dasselbe wird mit den anderen Wertepaaren wiederholt. Der Schüler sieht sofort, daß die erhaltenen Punkte nahezu auf einer Geraden liegen. Sollte ein Punkt aus der Geraden merklich herausfallen, so zeigt eine zur Kontrolle angestellte Wiederholung des Experimentes, daß er schlecht beobachtet war, und bestätigt somit die Regel. Die algebraische Form der durch die gerade Linie dargestellten Funktion erkennt man ohne irgend eine Kenntnis der analytischen Geometrie aus den beobachteten Zahlen: Winkel und Kraft sind einander proportional.

Das Wort „proportional“ muß der Schüler natürlich wieder lernen, nachdem er an diesem und anderen Beispielen den durch das Wort „proportional“ gekennzeichneten Zusammenhang zwischen zwei Gruppen von Werten erkannt hat, falls ihm nicht aus der Mathematikstunde die fortlaufenden Proportionen und damit auch das Wort proportional schon bekannt sind.

Aus der experimentellen Beobachtung und noch mehr aus ihrer graphischen Darstellung erkennt übrigens jeder sofort, daß die naturwissenschaftlichen Funktionen stetig sind, d. h. daß es eine kontinuierliche Zahlenreihe gibt. Der Physiklehrer wird aber wohl kaum Gelegenheit nehmen, darauf aufmerksam zu machen, sondern wird es dem Mathematiklehrer überlassen.

Durch die experimentierende Physik läßt sich somit der Begriff der Funktion, das so allgemein geforderte funktionale Denken schon in den mittleren Klassen vorbringen, so daß auch die mit dem Zeugnis zum einjährigen Dienst Abgehenden darin geübt worden sind. Der weitere Ausbau zu den Anfangsgründen der Differentialrechnung muß natürlich, wenn er überhaupt gebracht werden soll, dem Mathematiklehrer in den oberen Klassen vorbehalten bleiben.

Diese Ausnutzung des Physikunterrichtes zur Übung im funktionalen Denken kann aber erfolgreich nur geschehen, wenn er schon vom ersten Unterricht an ein Übungs-, ein Laboratoriumsunterricht ist. Es nützt nicht, dem Schüler experimentell vorzuführen, daß eine Größe der Natur von der anderen abhängt, in Fleisch und Blut geht das Bewußtsein dieser gegenseitigen Abhängigkeit nur über, wenn der Schüler sie selbst beobachtet und aus seinen Beobachtungen ableitet. Es gibt in der Mechanik, dem anschaulichsten und deshalb auch am leichtesten verständlichen Teil der Physik, eine große Reihe von interessanten Aufgaben, welche nicht nur mit höchst einfachen Apparaten leicht durchzuführen sind, sondern auch mathematisch einfache Funktionen ergeben, außer der oben schon erwähnten Abhängigkeit des Torsionswinkels von der tordierenden Kraft z. B. noch die Beziehung zwischen der Länge einer Schraubenfeder und dem spannenden Gewicht, zwischen dem Druck einer Flüssigkeit und der Tiefe unter der Oberfläche usw.

Bearbeitet ein einzelner Schüler für sich die experimentierende Physik, so muß er jeden Versuch mehrere Male anstellen und jedesmal dabei die Abmessungen seiner Versuchsanordnung abändern, um zu erkennen, ob die in seinem Gesetz vorkommenden Konstanten wirkliche Naturkonstanten sind oder noch von anderen Variablen abhängen. In der Schule wird der Lehrer auf jeden Fall mehrere Schüler gleichzeitig dasselbe Gesetz bearbeiten lassen, am besten, wenn die Zahl der Apparate ausreicht, gleich sämtliche Schüler der ganzen Klasse; er wird dabei gut tun, den von den verschiedenen Schülern benutzten Apparaten verschiedene Abmessungen zu geben und, nachdem jeder Schüler das Gesetz festgestellt hat, durch Vergleich der Resultate untersuchen lassen, ob und eventuell von welchen Größen die gefundenen Konstanten noch abhängig sind. Bei dem schon erwähnten Beispiel von der Torsion wird man vielleicht 3 bis 4 Schülern genau gleiche Drähte geben, bei anderen wird man die Länge ändern, bei anderen wiederum die Dicke, schließlich kann man auch noch das Material ändern. Bei sämtlichen Schülern wird die graphische Darstellung der Beobachtungen



eine Gerade ergeben, welche durch den Koordinatenanfangspunkt geht, aber die Neigung dieser Geraden gegen die Horizontale wird sehr verschieden ausfallen. Durch Vergleich ihrer Resultate mit den Apparaten werden die Schüler leicht den Grund für diese Verschiedenheit auffinden.

Gelegentlich wird der Lehrer auch Verschiedenheiten an den Apparaten anbringen, welche keinen Einfluß auf das Resultat haben, z. B. bei der Untersuchung der Abhängigkeit des Druckes einer Flüssigkeit von der Eintauchtiefe. Hier lassen sich Membrankapseln von verschiedenen Dimensionen oder verschiedene Manometerröhren anwenden, aber nur Verschiedenheit der Flüssigkeiten, z. B. Wasser und Salzlösungen, ändert die Neigung der die Versuche darstellenden Geraden.

Die Art, wie eine einzelne Aufgabe auf diese Weise in Unteraufgaben geteilt werden soll, hängt beim Schulunterricht ab von der Zahl der Schüler, vom vorhandenen Raum und von den vorhandenen Apparaten bzw. dem Material, welches in diesen verwendet werden kann. Da auch beim privaten Arbeiten eines Schülers dieses letzte Moment von großem Einfluß ist, so haben wir in unserem Buch vielfach keine Angaben von Abmessungen gemacht, ihre Auswahl vielmehr der Geschicklichkeit des Lehrers bzw. dem Forschungsdrang des Schülers überlassen.

Durch derartige Variationen der Aufgabe läßt sich in der experimentierenden Physik mit großer Leichtigkeit auch der Begriff einer Funktion mit mehreren Variablen sofort einführen. Auf jeden Fall ist der Physiklehrer im Übungsunterricht in der Lage, viel leichter und vollkommener den Begriff der Funktion einzuführen, d. h. das „funktionale Denken“ zu üben, als der Mathematiklehrer.

## Einige Schulversuche zur Ausdehnung von Gasen durch die Wärme.

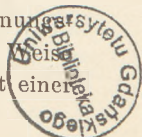
Von

Dr. **Wilhelm Bahrdt** in Groß-Lichterfelde.

Im folgenden sind einige quantitative Versuche über die Ausdehnung gasförmiger Körper durch die Wärme für den Schulunterricht auf der Oberstufe zusammengestellt. Die angewandten Methoden bieten dem Verständnis der Schüler keine erheblichen theoretischen Schwierigkeiten dar. Die benutzten Apparate sind einfach und lassen sich zum Teil ohne große Handfertigkeit vom Lehrer selbst herstellen oder aus vorhandenem Material zusammensetzen. Jeder Versuch kann innerhalb der für eine Unterrichtsstunde angesetzten Zeit ausgeführt werden. Die Genauigkeit der Messungen ist für Schulversuche ausreichend; sie hängt natürlich, außer von den unvermeidlichen Apparat- und Messungsfehlern, vom Geschick des Experimentators ab. Übrigens ist die Erreichung höchster Genauigkeit bei quantitativen Messungen nicht der Zweck des Schulunterrichts; gerade an fehlerhaften Messungen kann man dem Schüler zeigen, welchen Einfluß auf das Endresultat Messungsfehler der einzelnen Größen haben, welche dieser Größen hauptsächlich den Fehler des Resultats verschuldet hat, und wie man diesen Fehler verkleinern oder eliminieren kann.

1. Experimentelle Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Temperatur und Volumen einer abgeschlossenen Luftmenge. Die Beziehung zwischen Temperatur und Volumen eines Gases läßt sich nach einer bereits von GAY-LUSSAC (*Traité de Physique par Biot, I, pag. 182. Paris 1816*) zur Ermittlung des Ausdehnungskoeffizienten von Gasen angewandten Methode untersuchen: Ein bekanntes Luftvolumen wird in einer Thermometerröhre durch einen Quecksilbertropfen abgeschlossen und von  $0^{\circ}$  bis  $100^{\circ}$  erwärmt. Aus der gemessenen Volumenzunahme und dem Volumen bei  $0^{\circ}$  berechnet man den Ausdehnungskoeffizienten der Luft. — Einen einfachen Apparat hierzu kann man sich in folgender selbst herstellen (Fig. 1). Man sucht aus einem Satz dünnwandiger Kapillarröhren mit einer

u. xx.



inneren Weite von etwa 1,5 mm eine von 60–80 cm Länge heraus, deren Querschnitt auf ihrer ganzen Länge möglichst denselben Wert hat. Um eine Röhre daraufhin zu prüfen, bringt man einen etwa 4 cm langen Faden von reinem, trockenem Quecksilber hinein, verschiebt ihn nach verschiedenen Punkten durch Drücken oder Saugen an einem aufs Röhrende aufgesetzten Gummischlauch und mißt seine zugehörigen Längen. Weichen die erhaltenen Werte infolge ungleichmäßigen Röhrenquerschnitts erheblich voneinander ab, so wählt man entweder eine neue Röhre, deren Weite gleichmäßiger ist, oder man kalibriert die Röhre wie diejenige eines Thermometers. Hat man eine geeignete Röhre gefunden, so reinigt man sie zunächst innen nacheinander mit Natronlauge, Salzsäure und destilliertem Wasser, trocknet sie darauf, indem man sie ihrer ganzen Länge nach erwärmt und eine gehörige Zeit lang einen Luftstrom hindurchstreichen läßt. Nun bringt man einen 1 bis 2 cm langen Quecksilberfaden hinein, setzt an jedes Ende durch Schlauchverbindung ein Chlorcalciumrohr an und saugt den Quecksilbertropfen abwechselnd mehrere Male von einem Ende bis zum andern. Nachdem die Luft auf diese Weise vollständig getrocknet ist, schmilzt man die Röhre, während das Quecksilber etwa in der Mitte derselben ist, an einem Ende zu.

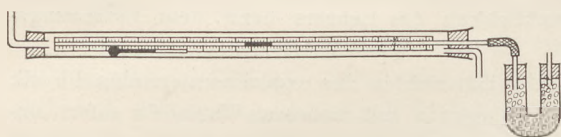


Fig. 1.

Das andere offene Ende bleibt in Verbindung mit dem Chlorcalciumgefäß. Endlich steckt man die Röhre in ein weiteres Glasrohr, durch das mittels zweier Ansatzröhren aus einem Kessel Wasser hindurchgeleitet werden kann. Dessen Temperatur wird durch ein eingelegtes Thermometer gemessen. Auf die Außenseite des Mantelrohrs ist eine Papierzentimetererteilung geklebt, mit deren Hilfe man die Länge des durch den Quecksilbertropfen abgeschlossenen Luftvolumens abmessen kann.

Mit dem so hergerichteten Apparat stellt man eine Versuchsreihe in folgender Weise an. Das Mantelrohr wird horizontal befestigt; man leitet Wasser von 0° hindurch und beobachtet die Länge  $v_0$  des abgesperrten Luftvolumens. Nun erhitzt man das Wasser im Kessel, während das Fließen durch das Rohr vor sich geht. Die in der Röhre sich ausdehnende Luft treibt den Quecksilberfaden vor sich her, bis der Druck der inneren Luft gleich dem äußeren Luftdrucke ist. Man beobachtet nun eine Reihe zusammengehöriger Temperaturen und Luftvolumina bis zur Siedetemperatur. Dann trägt man auf Koordinatenpapier die Temperaturwerte als Abszissen und die zugehörigen Volumina als Ordinaten ein und verbindet die Ordinatenendpunkte miteinander. Bei fehlerfreien Versuchen ist die Verbindungslinie eine Gerade. Demnach ergibt sich als Resultat der Untersuchung: Die Luft vergrößert ihr Volumen bei jeder Temperaturerhöhung von 1° um dasselbe Stück. Nennt man  $\alpha$  die Vergrößerung des Volumens 1 bei der Erwärmung von 0° bis 1°, so ergibt sich in bekannter Weise  $v_t = v_0 + v_0 \cdot \alpha \cdot t$ , und da bei dem Versuch  $v_0$ ,  $v_t$  und  $t$  gemessen werden,

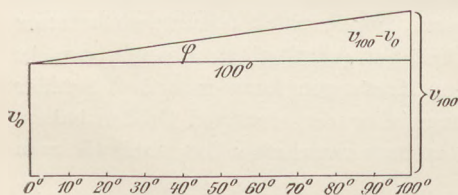


Fig. 2.

$$\alpha = \frac{v_t - v_0}{v_0 \cdot t}$$

Auch geometrisch läßt sich  $\alpha$  einfach deuten (Fig. 2). Bezeichnet man den Neigungswinkel der oben gezeichneten Geraden gegen die Abszissenachse mit  $\varphi$ , so ist  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{v_t - v_0}{t}$  und

$$\alpha = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{v_0}$$

demnach

Die Korrektur der Versuchsergebnisse infolge der Ausdehnung der Glasröhre durch die Wärme hat geringen Einfluß auf den Wert von  $\alpha$ , da die kubische Ausdehnung des Glases nur etwa  $\frac{1}{150}$  von derjenigen der Luft ist; eine so geringe Korrektur kommt gegen-

über den anderen ziemlich erheblichen Messungsfehlern nicht in Betracht. Diese rühren zum Teil von dem ungleichmäßigen Querschnitt der Röhre her, wegen dessen das Volumen nicht proportional der Länge gesetzt werden darf; zum Teil von dem mangelhaften Abschluß, den ein Quecksilbertropfen in einer engen Röhre der Luft gegenüber darstellt; in der Tat stellt sich der Quecksilbertropfen bei derselben Temperatur nicht immer genau auf denselben Punkt ein, weil entweder Luft aus der Röhre an dem Quecksilber vorbei entweicht oder in die Röhre eindringt.

2. Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  durch Messung der beim Abkühlen erfolgten Kontraktion eines abgesperrten Luftvolumens bei konstantem Druck. Die Messung der Größe  $\alpha$  geschieht im allgemeinen mit dem Luftthermometer. Die gebräuchlichen Instrumente dieser Art beruhen auf der Druckzunahme eines abgesperrten Gases bei konstantem Volumen gemäß der Formel  $p_t = p_0(1 + \alpha t)$ , wenn  $p_0$  und  $p_t$  den Gasdruck bei  $0^\circ$  und  $t^\circ$  bedeuten. Man nennt sie daher auch „Luftdruckthermometer“ im Gegensatz zu den „Luftausdehnungsthermometern“, zu denen der im vorigen Abschnitt beschriebene Apparat zu rechnen ist. Obgleich die Bestimmung von  $\alpha$  mit den ersteren verhältnismäßig leicht auszuführen und genauer ist als mit den letzteren, so verdienen diese meiner Ansicht nach im Schulunterricht beim Kapitel „Ausdehnung der Gase durch Wärme“ dennoch den Vorzug; denn die „Luftdruckthermometer“ zeigen gar nicht die Ausdehnung, sondern die Erhöhung der Spannkraft der Gase durch die Wärme; auch ist die Formel  $v_t = v_0(1 + \alpha t)$ , die den Luftausdehnungsthermometern zugrunde liegt, theoretisch einfacher und unmittelbarer als die Formel  $p_t = p_0(1 + \alpha t)$ , die ja erst als Spezialfall für  $v_t = v_0$  aus der Formel des kombinierten BOYLE-GAY-LUSSACSchen Gesetzes  $p_t v_t = p_0 v_0(1 + \alpha t)$  hervorgeht.

Das Prinzip der Luftausdehnungsthermometer ist bereits von GAY-LUSSAC zu einer Bestimmung der Größe  $\alpha$  benutzt worden, die, für Schulzwecke umgeformt, wegen ihrer theoretischen Einfachheit, der Bequemlichkeit ihrer praktischen Ausführung, ihrer genügenden Genauigkeit und vor allem auch wegen der Billigkeit des Apparats wohl verdient, an Stelle der Bestimmung mit dem Luftthermometer durchgenommen zu werden. Das Prinzip der Methode ist kurz folgendes: Ein Glasballon mit dünnem Ansatzrohr, dessen Endöffnung in ein Gefäß mit Quecksilber taucht, wird mit trockener Luft gefüllt und bis zur Siedetemperatur des Wassers erhitzt; ein Teil der Luft entweicht durch das Ausflußrohr. Nun wird der Ballon bis auf  $0^\circ$  abgekühlt; infolgedessen zieht sich die Luft zusammen, und es strömt, vorausgesetzt, daß der Gasdruck im Ballon derselbe ist wie vorher bei  $100^\circ$ , soviel Quecksilber durch die Ausflußröhre in den Ballon, wie der Volumenunterschied der Gasmenge bei  $100^\circ$  und  $0^\circ$  beträgt. — Das Gewicht des leeren Ballons möge  $a$  g, des Ballons mit dem eingetretenen Quecksilber  $b$  g und endlich des ganz mit Quecksilber angefüllten Ballons  $c$  g betragen; dann ist das Volumen des ganzen Ballons  $= \frac{c-a}{13,6}$  ccm und dasjenige des eingetretenen Quecksilbers gleich  $\frac{b-a}{13,6}$  ccm.

In der Gleichung

$$v_{100} = v_0(1 + \alpha \cdot 100) \dots \dots \dots 1)$$

ist nun offenbar

$$v_{100} = \frac{c-a}{13,6} \text{ und } v_{100} - v_0 = \frac{b-a}{13,6}$$

zu setzen.

Durch Subtraktion dieser Gleichungen folgt

$$v_0 = \frac{c-b}{13,6}.$$

Durch Einsetzen dieser Werte in 1) erhält man

$$\alpha = \frac{b-a}{100(c-b)}.$$

Wählt man statt  $100^{\circ}$  und  $0^{\circ}$  die Temperaturen  $T^{\circ}$  und  $t^{\circ}$ , so ist

$$v_T = v_0(1 + \alpha T) \quad \text{und} \quad v_t = v_0(1 + \alpha t), \quad \text{also}$$

$$\frac{v_T}{v_t} = \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t} \quad \dots \dots \dots 2)$$

Unter Beibehaltung der Bezeichnungen  $a$ ,  $b$  und  $c$  hat man zu setzen

$$v_T = \frac{c - a}{13,6} \quad \text{und} \quad v_T - v_t = \frac{b - a}{13,6}, \quad \text{also} \quad v_t = \frac{c - b}{13,6}.$$

Die Gleichung 2) lautet nach Einsetzen dieser Werte

$$\frac{c - a}{c - b} = \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t}.$$

Hieraus ergibt sich:

$$\alpha = \frac{b - a}{(c - b)T - (c - a)t} \quad \dots \dots \dots 3)$$

Die von GAY-LUSSAC angewendeten und von RUDBERG, MAGNUS und REGNAULT modifizierten Apparate zur praktischen Durchführung dieser Methode sind für die Schule zu kompliziert. Für Schulversuche habe ich folgende zwei Versuchsanordnungen als praktisch erprobt, von denen die erste in sehr kurzer Zeit zur Ermittlung von  $\alpha$  führt und daher für die Unterrichtsstunde besonders geeignet ist, während die zweite längere Zeit erfordert, dafür aber genauere Werte liefert und sich aus diesen Gründen mehr für das Praktikum eignet.

a) (Fig. 3.) Eine kleine Kochflasche (ca. 125 ccm Inhalt) wird mit getrockneter Luft gefüllt und durch einen Gummistopfen verschlossen; damit der Verschluss nicht nur bei der Zimmertemperatur, sondern auch bei der Siedetemperatur des Wassers, bei welcher der Flaschenhals sich erweitert hat, vollständig luftdicht ist, muß der Stopfen fest in den Hals eingesetzt werden, was man leicht dadurch erreicht, daß man die Mantelfläche des Stopfens mit Glycerin anfeuchtet. Korke geben keinen luftdichten Verschluss. Durch eine Bohrung im Stopfen geht ein zweimal rechtwinklig umgebogenes dünnes Glasrohr, das an seinem freien Ende in eine Spitze ausgezogen ist. Man stellt die Flasche eine geraume Zeit in ein mit siedendem Wasser angefülltes Becherglas. Dann schiebt man ein bis nahe an den Rand mit Quecksilber gefülltes kleines Gefäß unter das Ende des Glasrohrs, so daß die Spitze unterhalb des Quecksilberniveaus liegt, hebt die Kochflasche mit dem Quecksilbergefäß aus dem kochenden Wasser heraus und setzt sie in ein mit Wasser von  $0^{\circ}$  gefülltes Glas. Die Luft in der Flasche kühlt sich bis  $0^{\circ}$  ab und zieht sich zusammen. Das Quecksilber strömt infolgedessen durch die Röhre in die Flasche. Man

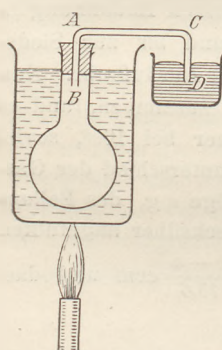


Fig. 3.

nimmt nun die Flasche aus dem Wasser heraus und gießt das eingeströmte Quecksilber in ein Maßgefäß, das noch  $\frac{1}{5}$  oder  $\frac{1}{10}$  ccm anzeigt. Man findet ein Volumen von  $r$  ccm. Nun füllt man die Flasche bis zu der Stelle, bis zu welcher der Gummistopfen in den Flaschenhals gesetzt war, mit Quecksilber und findet ein Volumen von  $s$  ccm.

In Gleichung 1) ist dann  $v_{100} = s$  und  $v_{100} - v_0 = r$ , also  $v_0 = s - r$ . Daraus ergibt sich

$$\alpha = \frac{r}{(s - r) \cdot 100}.$$

Nimmt man statt  $100^{\circ}$  und  $0^{\circ}$  die Temperaturen  $T^{\circ}$  und  $t^{\circ}$ , so ergibt sich aus Gleichung 2)

$$\frac{s}{s - r} = \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t} \quad \text{und daraus} \quad \alpha = \frac{r}{(s - r)T - s \cdot t}.$$

Es wurde z. B. gefunden:

$$s = 114 \text{ cm}, \quad r = 23 \text{ cm}, \quad t = 22^\circ, \quad T = 100^\circ.$$

Hieraus ergibt sich  $\alpha = 0,00349$ .

Damit der Luftdruck in der Flasche bei der hohen und bei der niederen Temperatur derselbe ist, müssen die Schenkel  $AB$  und  $CD$  des Glasrohrs so kurz wie möglich sein.

b) (Fig. 4.) Man nimmt einen kugelförmigen Ballon aus dünnem Glase mit eingeschmolzenem Kapillarrohr von der Art der zur Dampfdichtebestimmung nach DUMAS verwendeten und trocknet die darin enthaltene Luft, indem man an das Kapillarrohr eine mit Chlorcalcium gefüllte Trockenröhre setzt und mit der Luftpumpe oder dem Munde mehrere Male die Luft aussaugt. Das Gewicht des Ballons werde gleich  $a$  g gefunden. Inzwischen hat man Wasser in einem weiten Becherglase zum Sieden erhitzt. Man taucht nun den Ballon einige Minuten in dieses Wasser, so daß nur das Ende der Kapillare herausreicht, und schmilzt dann mit einem bereitgehaltenen Bunsenbrenner die äußerste Spitze zu. Darauf nimmt man den Ballon aus dem Becherglase heraus und bricht die Spitze unter Quecksilber (oder Wasser) von Zimmertemperatur  $t^\circ$  ab. Es strömt nun die Flüssigkeit in den Ballon; dabei hält man ihn so tief, daß keine Niveaudifferenz zwischen der Flüssigkeit innen und außen vorhanden ist. Nachdem die abgesperrete Luft die Temperatur  $t$  der Umgebung angenommen hat, dreht man die Öffnung der Kapillare nach oben, nimmt den Ballon aus der Flüssigkeit heraus und bestimmt sein Gewicht gleich  $b$  g. Endlich füllt man den Ballon ganz mit Quecksilber mittels eines in eine enge Kapillarröhre ausgezogenen Trichterrohres, dessen äußerstes Ende in das Ansatzrohr des Ballons gesteckt ist. Derselbe Versuch läßt sich bequemer mit Wasser statt mit Quecksilber anstellen; die Füllung des Ballons geschieht dadurch, daß man das bei der Abkühlung der Luft eingeströmte Wasser zum lebhaften Sieden bringt, darauf, während es noch siedet, die Ausflußöffnung der Kapillare unter Wasser hält und das Gefäß abkühlen läßt. Wenn das Sieden längere Zeit gedauert hat, so füllt sich der ganze Ballon bis auf ein kleines Luftbläschen mit Wasser an. Man beobachtet hierbei sehr hübsch das Sieden unter niedrigem Druck. Das Gewicht des gefüllten Ballons sei gleich  $c$  g. Man berechnet dann  $\alpha$  nach der Formel 3 auf S. 20. Die Gleichung gilt, ob nun die Größen  $b, c$  die Gewichte des Ballons mit Quecksilber oder mit Wasser bedeuten.

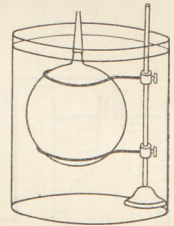


Fig. 4.

Berücksichtigt man bei der Berechnung die Ausdehnung des Glases, so ist statt  $v_T$  zu setzen  $v_T(1 + \gamma[T - t])$ , wenn  $\gamma$  den kubischen Ausdehnungskoeffizienten des Glases bedeutet. Die Gleichung 2) (S. 20) lautet dann:

$$\frac{v_T(1 + \gamma[T - t])}{v_t} = \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t}$$

oder

$$\frac{(c - a)(1 + \gamma[T - t])}{c - b} = \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t};$$

folglich ist

$$\alpha = \frac{b - a + (c - a)\gamma \cdot (T - t)}{(c - b)T - (c - a)(1 + \gamma[T - t]) \cdot t}.$$

Bei einem sorgfältig ausgeführten Versuch, bei dem der Ballon mit Wasser gefüllt wurde, fand ich

$$a = 32,55 \text{ g}; \quad b = 88,50 \text{ g}; \quad c = 295,0 \text{ g}; \quad t = 19^\circ \quad \text{und} \quad T = 100^\circ.$$

Setzt man

$$\gamma = 0,000024,$$

so wird

$$\alpha = 0,003607.$$

Dieser Wert ist um 1,6% kleiner als der richtige Wert 0,003665.

Ohne Berücksichtigung der Ausdehnung des Glases würde aus den obigen Werten  $\alpha = 0,003572$  folgen.

Eine sorgfältig ausgeführte Messung dauert etwa  $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden.

3. Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  durch direkte Messung der Ausdehnung eines erwärmten Luftvolumens bei konstantem Druck. Die folgende Methode ist in der praktischen Ausführung einfach, in der Berechnung von  $\alpha$  hingegen etwas komplizierter als die unter 2. beschriebene, sie beruht auf der Messung der Ausdehnung eines von  $0^\circ$  bis  $100^\circ$  erwärmten Luftvolumens bei konstantem Druck und der Messung dieses Luftvolumens bei  $0^\circ$ . In der mir zugänglichen Literatur habe ich diese Methode nirgends gefunden; einige Ähnlichkeit hat sie mit der fünften von Regnault ausgeführten Versuchsreihe (vergl. Winkelmanns Handbuch der Physik, II. Band, 2. Abteilung, S. 114 und 115).

Die Anordnung (Fig. 5) ist folgende: Eine kleine Kochflasche wird fest verschlossen durch einen mit Glycerin angefeuchteten Gummistopfen, durch dessen Bohrung ein enges Gasentbindungsrohr geht. Die Flasche wird mit trockener Luft gefüllt und in ein Wasserbad von  $0^\circ$  gestellt. Nachdem die Luft die Temperatur  $0^\circ$  angenommen hat, schiebt man eine kleine pneumatische Wanne unter das freie Ende des Gasentbindungsrohres und stellt darüber einen in fünftel oder zehntel Kubikzentimeter geteilten, mit Wasser angefüllten Meßzylinder. Nun erhitzt man das Wasser im Becherglase bis zum Sieden. Die in der Flasche enthaltene Luft dehnt sich aus und strömt durch das Gasentbindungsrohr in Form von Blasen in den Meßzylinder, aus dem das Wasser verdrängt wird. Wenn keine Luft mehr entweicht, senkt man den Meßzylinder so weit in die pneumatische Wanne, daß das Wasser innen und außen gleich hoch steht, und liest nun am Meßzylinder  $w$  ccm aufgefangene Luft ab. Dann wird das Volumen  $v_0$  der ganzen Flasche bis zum unteren Kreise des Stopfens durch Einfüllen von Wasser oder Quecksilber aus einem Maßgefäß bestimmt. Endlich mißt man die Temperatur  $t$  der Luft in der Umgebung des Meßzylinders.

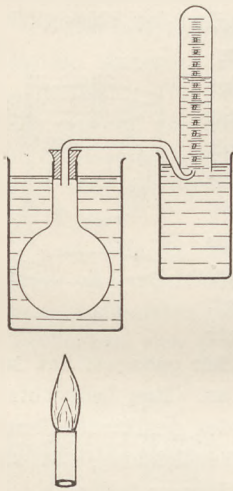


Fig. 5.

Bei der Erwärmung von  $0^\circ$  bis  $T = 100^\circ$  vergrößert sich das Volumen  $v_0$  um die Größe  $v_0 \cdot \alpha \cdot T$ ; dies ist aber offenbar das auf  $T = 100^\circ$  reduzierte Volumen  $w$  der aufgefangenen Luft. Letzteres ist nach Gleichung 2) (S. 20) gleich

$$w = \frac{1 + \alpha \cdot T}{1 + \alpha \cdot t} \cdot v_0$$

Demnach ist

$$v_0 \cdot \alpha \cdot T = w \frac{1 + \alpha \cdot T}{1 + \alpha \cdot t}$$

Aus dieser für  $\alpha$  quadratischen Gleichung findet man

$$\alpha = \frac{1}{t} \left\{ \sqrt{\frac{1}{4} \left(1 - \frac{w}{v_0}\right)^2 + \frac{w}{v_0} \cdot \frac{t}{T}} - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{w}{v_0}\right) \right\}$$

Der zweite Wert für  $\alpha$  ist negativ und daher ungültig.

Beispiel:  $v_0 = 112$  ccm,  $w = 31$  ccm,  $t = 18^\circ$ ,  $T = 100^\circ$ .

Durch Einsetzen dieser Werte in die vorhergehende Gleichung ergibt sich  $\alpha = 0,003555$ .

4. Apparat zum Nachweis des Gay-Lussacschen Gesetzes, daß alle Gase denselben Ausdehnungskoeffizienten haben (Fig. 6). Vier gleich große Reagenzgläser werden in die Bohrungen eines Holzbrettes gesteckt, das mit einem seitlichen Handgriff versehen ist. Jedes Reagenzglas wird fest verschlossen durch einen mit Glycerin angefeuchteten Gummistopfen; durch die Bohrung desselben geht ein enges, zweimal um-

gebogenes Glasrohr, dessen freies Ende in eine Spitze ausgezogen ist. Das Brett mit den Reagenzgläsern kann in zwei oben offene Kästen *A* und *B* aus Eisenblech (16 cm lang, 6 cm breit, 20 cm hoch) gesetzt werden, wobei der Handgriff und ein an der gegenüberliegenden Seite des Brettes angebrachter Auflegeträger auf den oberen Kanten der seitlichen Kastenflächen ruhen. Der eine Kasten *A* hat 4 Füße von 16 cm Höhe. Für einen Versuch bedarf man noch eines flachen Glasrogges, der mit Quecksilber bis nahe an den Rand gefüllt wird.

Man füllt die Kästen *A* und *B* mit Wasser und erhitzt das in *A* befindliche mittels eines großen Bunsenbrenners bis zum Sieden. Nun nimmt man die Reagenzgläser einzeln aus dem Brett heraus und füllt sie mit verschiedenen Gasen, etwa Leuchtgas, Kohlensäure, Wasserstoff und Luft. Es ist selbstverständlich, daß beim Auffangen von leichten Gasen das verschlossene Ende des Glases nach oben, bei schweren Gasen nach unten gehalten wird. In diesen Lagen setzt man nun möglichst fest den Gummistopfen auf und verschließt das offene Ende der durchgesteckten Glasröhre mit einem Gummiverschluß, den man sich aus einem Ende Gummischlauch und einem kurzen Glasstabe herstellt. Nachdem man die Gläser wieder in die Bohrungen des Brettes gesteckt hat, taucht man die nach unten umgebogenen Enden der vier Glasröhren gemeinsam in den Quecksilbertrog, entfernt die Gummiverschlüsse und taucht das Brett mit Reagenzgläsern in das siedende Wasser des Kastens *A*. Die Gase in den Röhren erwärmen sich in kurzer Zeit bis  $100^{\circ}$  und dehnen sich aus, wobei ein Teil derselben durch die Ausflußröhren und das Quecksilber entweicht. Dann hebt man mit der einen Hand das Brett und die Reagenzgläser aus dem Kasten *A*, wobei die andere Hand den Trog mit Quecksilber so hält, daß die Spitzen der Ausflußröhren stets unterhalb des Quecksilberniveaus liegen. Endlich setzt man die Reagenzgläser in das kalte Wasser des Kastens *B*. Infolge der Abkühlung der Gase strömt aus dem Troge Quecksilber in die Reagenzgläser. Nach einigem Warten hebt man die Gläser aus dem Wasser heraus und sieht nun, daß sich in allen vier Gläsern dieselbe Menge Quecksilber befindet. Da die Anfangs- und Endtemperatur, das Anfangs- und Endvolumen und der Druck bei allen vier Gasen gleich waren, so folgt aus diesem Versuch die Richtigkeit des GAY-LUSSAC'schen Gesetzes. Der Erfolg ist unzweifelhaft sicher, wenn die Gummistopfen luftdicht schließen, und kein flüssiges Wasser in den Reagenzgläsern vorhanden ist.

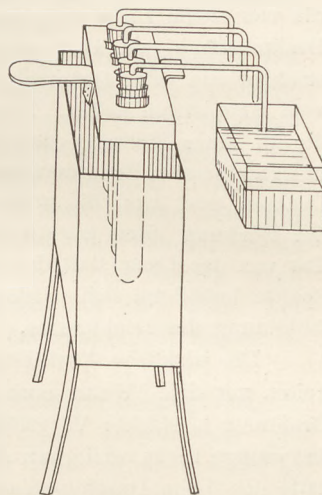


Fig. 6.

## Ein objektiver Beugungsversuch zur Abbeschen Theorie des Mikroskopes.

Von

Wilhelm Volkman in Berlin.

Vor einiger Zeit hat Herr WINKELMANN einen äußerst lehrreichen Versuch angegeben<sup>1)</sup>, durch den einer großen Zuhörerschaft gleichzeitig gezeigt werden kann, daß die Begrenzung des Lichtstrahles durch Blenden und durch die ebenso wirkenden Linsenränder auf die Formen der entstehenden Bilder einen entscheidenden Einfluß hat. Es handelt sich bei diesem Versuch nicht um mehr oder minder große Schärfe der Abbildung, also um ein der Bildgüte förderliches Abblenden von Strahlen, die sich, etwa infolge sphärischer Abweichung,

<sup>1)</sup> Ann. d. Physik (4) 19, 416 1906.

nicht mit dem Hauptstrahl am Bildorte vereinigen lassen. Es kommt hier vielmehr darauf an, daß die Ränder in dem Objekt, an denen durchsichtige und undurchsichtige Stellen aneinander grenzen, Beugungsstrahlen von dem Lichtbündel absondern, die für die treue Abbildung gerade dieser Objektränder unentbehrlich sind. Werden von diesen Beugungsstrahlen einige durch Blenden abgeschnitten, und dazu ist bei ihrer vom Hauptstrahl abweichenden Richtung immer Gelegenheit, so entsteht ein Bild, das dem treuen Abbilde an Schärfe nicht nachsteht, das aber dem Objekte vollkommen unähnlich sein kann. Es wird nämlich das Bild entworfen, dem das Objekt hätte ähnlich sein müssen, um nur die nicht abgeblendeten Beugungsstrahlen zu erzeugen. Die Objekte, deren sich Herr Winkelmann bedient, sind Drahtnetze mit quadratischen Maschen. Ein solches sondert aus der Lichtmenge, die von einem Lichtpunkt darauf fällt, Beugungsstrahlen ab sowohl in der Richtung der Drahtabstände wie auch in der diagonalen Richtung, es entstehen also je acht Beugungsstrahlen von jeder Ordnung, die eine mit der Feinheit des Gitters wachsende Abweichung vom Hauptstrahl haben. Durch einen Spalt kann man nun alle Beugungsstrahlen bis auf die in einer Richtung der Drahtabstände oder in einer Diagonale dazu abblenden. Die übrigbleibenden Beugungsstrahlen entsprechen aber der Wirkung eines Gitters von parallelen Drähten, und zwar die weiter voneinander abweichenden Strahlen in diagonalen Richtung der Wirkung eines engern Gitters als die anderen, und diese Gitter werden auch in der Tat von der Linse statt des Drahtnetzes auf dem Schirm abgebildet. Bei Erweiterung des Spaltes beteiligen sich wieder die vorher ausgeblendeten Strahlen und bewirken die treue Abbildung des Drahtnetzes.

Die wirkliche Ausführung des eben beschriebenen Versuches bringt einige Schwierigkeiten mit sich. Wenn eine große Zuhörerschaft die Erscheinung sehen soll, so muß das Drahtnetz in starker Vergrößerung auf dem Schirm abgebildet werden, hierfür ist aber nur das wenige Licht verfügbar, das von dem engen Spalt durchgelassen wird. Dementsprechend hatte ich beim Durchlesen der oben genannten Mitteilung von Herrn Winkelmann den Eindruck, daß es sich um einen sehr zarten Versuch handle, und die starke Betonung der Vorzüglichkeit der Projektionslinse war geeignet, den Eindruck zu verstärken. Zufällig hatte ich bald darauf Gelegenheit den Versuch zu sehen und erkannte dabei, daß es sich um einen recht einfachen und sicheren Versuch handle. Es gelang denn auch mühelos mit einem gerade vorhandenen Kinematographenobjektiv den Versuch in recht befriedigender Weise auszuführen. Bei weiterer Beschäftigung mit der Sache habe ich dann eine Anordnung desselben Versuches mit ganz einfachen Hilfsmitteln gefunden, die noch leichter zu behandeln und, wie mir scheint, ebenso wirksam ist wie die Winkelmannsche. Diese zu beschreiben und einige Besonderheiten derselben zu begründen, ist der Zweck der folgenden Zeilen.

Herr Winkelmann wählt die folgende Anordnung. Das Licht der Bogenlampe wird von dem Kondensator zu einem schlanken Kegel gesammelt. Nahe seiner engsten Stelle befindet sich das Projektionsobjektiv von kurzer Brennweite und ein entsprechendes Stück vorher das abzubildende Drahtnetz von etwa 10 Maschen auf den Quadratmillimeter. Einige Zentimeter hinter dem Objektiv zieht sich das Lichtbündel eng zusammen, hier befindet sich ein verkleinertes Bild der glühenden Kohlenspitzen samt den teilweise es überdeckenden Beugungsbildern<sup>1)</sup>. An diese Stelle gehört der Spalt, der unter den Strahlen auswählt.

Bei der Nachahmung dieser Anordnung mit dem genannten Objektiv wurde ich darauf aufmerksam, daß der Spalt bei sehr enger Stellung in hohem Maße als Gesichtsfeldblende wirkt. Es hat das seinen Grund darin, daß die Ränder des Spaltes nicht vollkommen scharf sind, sondern mehr oder weniger flache Zylinderkrümmung aufweisen. Da scharfkantige Spalte leichter verletzbar sind als minder scharfe, so wird man diesen Nachteil besonders bei den gröberen, für Demonstrationszwecke bestimmten Spalten finden. Je stärker das Licht auf den Spalt konzentriert wird, um so mehr tritt der Übelstand hervor, man wird also, wenn nicht wichtige Gründe dagegen sprechen, den Spalt mit möglichst schlanken Licht-

<sup>1)</sup> U. Behn und W. Hense. Verh. d. D. phys. Ges. 8, 283, 1906.



kegeln beleuchten. Der Lichtverlust, den die Krümmung der Spaltränder hervorbringt, beträgt bei weitem Spalt nur einen sehr geringen Teil der gesamten Lichtmenge, er fällt aber sehr stark ins Gewicht bei engem Spalt. Es verdient also unter allen möglichen Anordnungen die den Vorzug, die den weitesten Spalt zu verwenden erlaubt.

Betrachtet man von diesen Gesichtspunkten aus die Winkelmaunische Anordnung, so fallen zwei Nachteile auf. Das kurz Brennweite Objektiv macht das Licht sehr stark konvergent und der geringe Abstand zwischen Drahtnetz und Spalt läßt die Beugungsstrahlen nur um eine geringe Entfernung von dem Hauptstrahl abweichen, ja diese Abweichung wird durch das Dazwischentreten der Projektionslinse noch beträchtlich vermindert. In der Vermeidung dieser beiden Nachteile besteht die Möglichkeit, den Versuch mit einer billigen Linse und einem mangelhaften Spalt befriedigend anzustellen.

Eine billige Linse wird um so eher verwendbar sein, je geringer die geforderte Vergrößerung, je gröber also in unserem Falle das Drahtnetz ist. Hiermit scheint die Forderung eines möglichst weiten Spaltes in unversöhnlichem Widerspruch zu stehen, denn, je gröber das Drahtnetz, um so weniger gehen die Beugungsstrahlen auseinander. Indessen, die längere Brennweite der Linse erlaubt, die Strahlen auf eine größere Weglänge divergieren zu lassen und so trotz geringer Winkelabweichung der Strahlen doch gleiche oder gar größere Entfernung der Strahlenquerschnitte am Spaltort zu erzielen. Ein weiterer Vorteil in demselben Sinne kann durch Verwendung eines Teleobjektives gewonnen werden, denn ein solches zeichnet sich ja durch den großen Objektstand auf der Seite der Konkavlinse aus. Der große Objektstand bringt zugleich die der Spaltränder wegen erwünschten schlanken Beleuchtungskegel mit sich.

Im Einklang mit diesen Überlegungen habe ich die folgende Aufstellung versucht und recht befriedigend gefunden. Eine Plankonvexlinse von 5 cm Durchmesser und 7 cm Brennweite sammelt das Licht einer 10 Amp-Bogenlampe in 40 bis 60 cm Abstand zu einem vergrößerten Bilde des positiven Kraters auf den hier stehenden senkrechten Spalt. Dicht hinter diesem befindet sich ein Brillenglas von 15 bis 25 cm Brennweite, das zusammen mit einer Konkavlinse von zwei- bis dreimal kleinerer Brennweite, deren Ort leicht aufzufinden ist, ein vergrößertes Bild von dem dicht hinter dem Kondensator stehenden Drahtnetz auf die Wand wirft. Zuerst benutze ich ein eisernes Netz, dessen Drähte 6 mm voneinander entfernt sind. Hiermit läßt sich die Erscheinung des Verschwindens der zum Spalt parallelen Drähte vorzüglich zeigen. Ich lasse nun den Spalt unverändert stehen und ersetze das Drahtnetz durch ein 3 bis 4 mal engeres in diagonaler Stellung. Die Spaltbreite vom vorigen Versuch paßt gerade, um dieses Netz als ein Gitter horizontaler Linien von geringem gegenseitigen Abstand abzubilden; bei einer nun folgenden vorsichtigen Erweiterung des Spaltes entsteht ein Bild, das bisher stets als ein Netzwerk sechseckiger Maschen gedeutet worden ist; noch eine kleine Erweiterung des Spaltes zeigt endlich die wahre Gestalt der Maschen. Darauf wird der Spalt abermals etwas enger gestellt und das Drahtnetz wiederholt um  $45^\circ$  in seiner Ebene gedreht, damit die wechselnden Abstände der Striche beobachtet werden können. Es ist dabei eine ziemlich große Abweichung von  $45^\circ$  zulässig, so daß diese Einstellung freihändig mit ausreichender Sicherheit geschieht. Man kann sich aber die Sache noch erleichtern, wenn man das Drahtnetz achteckig zuschneidet. Das vorgenannte größere Netz ist für den Diagonalversuch nicht recht brauchbar. Es ist ein naheliegender Gedanke, statt des Brillenglases und der Konkavlinse die Bestandteile eines Feldstechers von geringer Vergrößerung zu verwenden. Der Auszug dieses Instrumentes pflegt nicht auszureichen, man muß also die Linsen ausschrauben und einzeln aufstellen, dann erhält man in der Tat ein farbenreineres Bild des Drahtnetzes als mit den oben genannten Linsen. Bei der geringen Lichtstärke aber, die bei dem eigentlichen Versuch vorhanden ist, werden die Farbränder der einfachen Linsen unmerklich, und die Gläser des Feldstechers gewähren keinen nennenswerten Vorteil.

Von größter Bedeutung ist es bei diesem Versuch, alles Nebenlicht auf das sorgsamste abzublenden. Am besten richte man aus einigen Stäben und leichtem undurchsichtigen

Gewebe ein Zelt her, das den ganzen Aufbau überdeckt, aber doch leicht so weit aufzunehmen ist, daß man ohne Mühe den Zuhörern den Aufbau zeigen kann.

Es ist wünschenswert, vor oder nach diesem Versuch das Beugungsbild zu zeigen, welches ein Drahtnetz hervorbringt. Eine geeignete Aufstellung ist die folgende. Nahe vor der Bogenlampe befindet sich ein dünnes Eisenblech mit einem Loch von einem Millimeter Durchmesser. Das hiervon durchgelassene Licht füllt gerade eine Linse von 10 cm Durchmesser und 60 cm Brennweite, die von dem Loch ein kleines, ungemein helles Bild auf dem Schirm entwirft. Dicht vor oder hinter die Linse bringt man die Drahtnetze. Die größeren bis herauf zu 10 Maschen im Quadratmillimeter geben nur einen mehr oder minder ausgedehnten kreuzförmigen Lichtschein, die feinen Metallgewebe aber, die man in Gasglühlichtbrenner einzusetzen pflegt, um das Durchschlagen der Flamme zu verhüten, zeigen schon deutlich getrennte Beugungsspektren, und mit den feinsten Seidenflorgeweben, die als Sieböden Verwendung finden und in Handlungen chemischer Geräte billig zu haben sind, wird die Erscheinung recht schön. Natürlich sind auf der Teilmaschine geteilte Kreuzgitter leistungsfähiger, aber auch sehr viel teurer.

## Kleine Mitteilungen.

### Ein thermoakustischer Apparat.

Von **H. Pfau** in Riga.

Bläst man ein Glasröhrchen am zugeschmolzenen Ende zu einem Kügelchen auf, so geschieht es nicht selten, daß ein Ton auftritt, der noch deutlicher wahrnehmbar wird, wenn man das Röhrchen vom Munde entfernt, nach einigen Sekunden aber wieder verschwindet.

Wer der erste Beobachter dieser Schallerscheinung gewesen ist, läßt sich nicht feststellen; wahrscheinlich ist sie den Glasbläsern und insbesondere den Thermometerverfertignern schon seit sehr langer Zeit bekannt. Beschrieben worden ist die Erscheinung u. a. vor genau hundert Jahren, nämlich im Jahre 1806 durch CHARLES GASPARD DE LA RIVE<sup>1)</sup>. Auch an metallenen Röhren wie an Gasleitungsröhren hat man wahrscheinlich nicht selten das Auftreten eines Tones wahrgenommen, wenn die Röhren gelötet und hierbei an einer Stelle sehr stark erhitzt wurden. Daß man es in beiden Fällen mit ein und derselben Erscheinung zu tun hat, unterliegt, wie uns aus Betrachtung der Ursachen für das Tönen der Glasröhrchen klar werden wird, kaum einem Zweifel.

Mit der Frage nach der Ursache des Tönens haben sich zahlreiche Autoren beschäftigt; besonders eingehend hat sich mit dem Studium der ganzen Erscheinung C. SONDHAUSS<sup>2)</sup> befaßt. SONDHAUSS empfiehlt, Glasröhrchen von 2–3 mm Weite zu wählen und hinter der Kugel ein wenig zu verjüngen. Die Erhitzung, die nicht weniger als 310° betragen muß, hat am besten an der Stelle zu erfolgen, an welcher die Kugel in die Verjüngung der Röhre übergeht. Anwesenheit von Dämpfen, die elastischer sind als Luft, begünstigt die Erscheinung; es können aber auch Röhren tönen, die keine Dämpfe enthalten.

Die SONDHAUSSsche Erklärung für das Zustandekommen der Töne nimmt vorzugsweise Rücksicht auf die Dichteänderungen, welche die in den Röhrchen eingeschlossene Luft einerseits durch Erhitzung an der Flamme, andererseits durch Abkühlung an den Röhrenwandungen erfährt. Dank dem geringen Durchmesser des Röhrchens kann eine Mischung der erhitzten Luft der Kugel und der kalten Luft des Röhrchens nicht zustande kommen; die Grenzschicht zwischen beiden schwankt periodisch hin und her, durch die sich ausdehnende erhitzte Luft

<sup>1)</sup> CH. G. DE LA RIVE, Journ. d. phys. 55, p. 165, 1806.

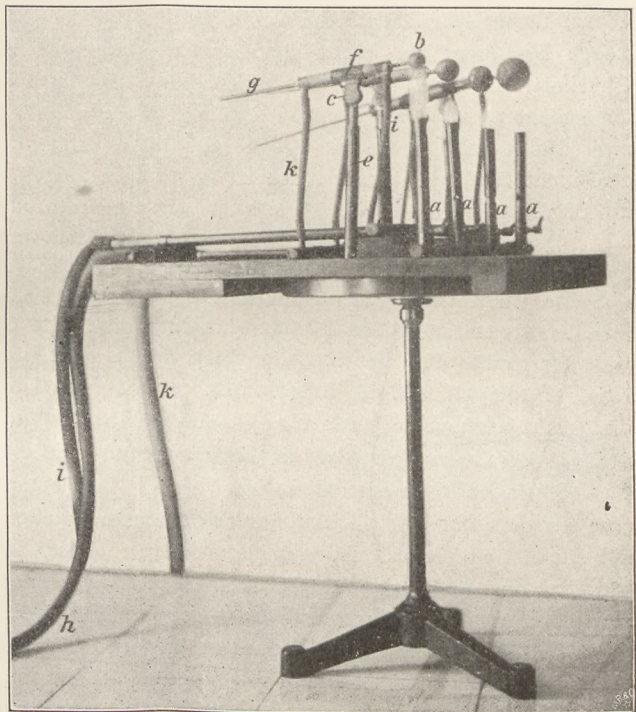
<sup>2)</sup> C. SONDHAUSS, Über Schallschwingungen der Luft in erhitzten Glasröhren und in gedeckten Pfeifen von ungleicher Weite. Pogg. Ann. 79, p. 1–34; 1850. Über das Tönen erhitzter Röhren und die Schwingungen der Luft in Pfeifen von verschiedener Gestalt. Pogg. Ann. 140, p. 53–76, 219–241; 1870.

nach dem Ende des Röhrchens hin, durch die sich im Röhrchen abkühlende und zusammenziehende Luft sowie den äußeren Luftdruck zur Kugel hin getrieben.

Lord RAYLEIGH<sup>1)</sup> hat darauf hingewiesen, daß die Luft jedesmal eine Viertelschwingungsdauer vor ihrer größten Verdichtung nach der Kugel strömt, sie daher jedesmal in dem Augenblicke eine Wärmezufuhr erfährt, wo ihre Dichtigkeit die normale ist, und man keine periodische Verstärkung der Bewegung, daher auch kein Tönen zu erwarten hätte, falls die Wärmezufuhr momentan erfolgte. Letzteres ist aber auch nicht der Fall, vielmehr kann man annehmen, daß die Wärmezufuhr bis zum Augenblicke der größten Verdichtung andauert.

Hat das Tönen einmal begonnen, so kann die Temperatur der Kugel auch etwas abnehmen, ohne daß der Ton verstummt; andererseits gelingt es aber nicht, ein fortdauerndes Tönen zu erhalten. Dieser Umstand ist es vielleicht, weshalb die Kugelhörner zu denjenigen Tonquellen gehören, von denen für Unterrichtszwecke nur sehr selten Gebrauch gemacht wird. Und doch sind sie aus mehr als einem Grunde interessant, ist doch der Schwingungsvorgang in ihnen besonders einfach, jedenfalls viel einfacher als in der beim Unterricht recht oft berücksichtigten Gasharmonika, ja vielleicht einfacher als in irgend einem Blasinstrumente. Ferner ist es SONDHAUSS bei seinen Versuchen mit Kugelhörnern gelungen, eine empirische Formel aufzustellen, die auch für die gedeckten Lippenpfeifen gilt, und deren Richtigkeit HELMHOLTZ<sup>2)</sup> auf theoretischem Wege nachgewiesen hat.

Bedenkt man, daß die innerhalb der Kugel erhitzte Luft, soweit sie mit den Röhrenwandungen in Berührung kommt, letzteren Wärme zuführt, so erkennt man leicht den Hauptgrund, weshalb das Tönen nur von kurzer Dauer ist. Es nehmen nämlich die Wandungen des Röhrchens bald eine Temperatur an, die nicht mehr dazu hinreicht, die aus der Kugel heraustretende Luft genügend abzukühlen, wie dies zum Aufrechterhalten der Schwingungsbewegung erforderlich ist. In der Tat, läßt man ein Röhrchen, das zu tönen aufgehört hat, erkalten und erhitzt darauf die Kugel von neuem, so beginnt auch das Tönen wieder. Demgemäß hat man ein fortdauerndes Tönen zu erwarten, falls man die Wandung des Röhrchens auf entsprechend niedriger Temperatur erhält. Die Versuche zeigen, daß das Material der Röhrchen keinen wesentlichen Einfluß ausübt, man kann daher die Röhr-



chen auch aus Metall, beispielsweise aus Messing, anfertigen und von einem wasserdurchströmten Mantel umgeben. Solche Röhrchen enthält der abgebildete Apparat, der dauernd einen Vierklang angibt. Die Bunsenbrenner *a*, deren Flammenhöhe einzeln reguliert werden kann (siehe die geringe Flammenhöhe unter der zweiten und die recht bedeutende unter der vierten Kugel), erhitzen die Kugeln *b* der um eine horizontale (*c*) und eine vertikale Achse

<sup>1)</sup> RAYLEIGH, The exploration of certain acoustical phenomena. Nature, Vol. XVIII, p. 319 bis 321; 1878.

<sup>2)</sup> H. HELMHOLTZ, Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden. Journ. f. reine u. angew. Math., Bd. 57, p. 69. Berlin 1860.

drehbaren und in je zwei Hülsen ( $e$  und  $f$ ), von denen die eine vertikal ( $e$ ) ist, verschiebbaren Röhren  $g$ . Die allseitige Beweglichkeit der Röhren empfiehlt sich, um für jede derselben diejenige Stellung zu finden, in welcher sie am besten tönt. Durch den Gummischlauch  $h$  wird Leuchtgas, durch  $i$  Kühlwasser zugeleitet, durch  $k$  das erwärmte Wasser fortgeleitet. Die Dimensionen der Kugeln und Röhren sind nach der SONDHAUSSCHEN Formel  $n = 52\,200 \sqrt{S:VL}$  berechnet, in welcher  $n$  die Schwingungszahl des Tons,  $S$  den Querschnitt,  $L$  die Länge des Röhrens und  $V$  das Volumen der Kugel bedeutet. Da ein genaues Einhalten der berechneten Dimensionen sehr schwer ist, empfiehlt es sich, die Röhren etwas länger zu wählen, als der Formel entspricht, und sie, während der Apparat in Tätigkeit ist, allmählich zu verkürzen. Will ein Röhren nicht ansprechen, so genügt es, mit einem langen Draht ein winziges Wassertröpfchen in die zuvor abgekühlte Kugel desselben einzuführen.

### Versuche mit einem Radiometer.

Von **P. B. Freuchen** in Kopenhagen.

Mit einem Radiometer kann man mehrere hübsche Versuche machen, die sich für den Unterricht eignen.

Man stelle ein angezündetes Stearinlicht in solchen Abstand von einem Radiometer, daß die Flügel langsam herumgehen. Wenn das Tageslicht so stark ist, daß es störend wirkt, so kann man es leicht durch Gardinen oder Schirme dämpfen. Hält man nun eine Glasplatte zwischen Stearinlicht und Radiometer, so sieht man, daß die Flügel langsamer zu gehen beginnen; dies rührt von der Zurückwerfung und der Absorption der Strahlen her. GleichermäÙ zeigt man, daß eine dicke Glasplatte etwas stärker wie eine dünne wirkt, doch nicht so stark als mehrere dünne Platten. Man kann es z. B. leicht so einrichten, daß zwei dünne Glasplatten die Flügel zur Ruhe bringen, während eine einzelne dicke Platte dies nicht bewirken kann. Auch ist es weit zu zeigen, daß eine blaue oder grüne Glasplatte die Strahlen des Stearinlichtes stärker wie eine rote oder gelbe schwächt.

Daß die Zurückwerfung von einer Glasplatte mit dem Einfallswinkel wächst, kann man auch leicht zeigen. Erst halte man die Platte senkrecht zu den Strahlen und merke sich die Umdrehungsgeschwindigkeit der Flügel. Dann drehe man die Platte, so daß die Strahlen sie unter großen Einfallswinkeln treffen; die Flügel werden jetzt langsamer gehen, weil der größte Teil der Strahlen nach außen geht, dagegen nur ein kleiner Bruchteil die Platte durchsetzt und die Flügel trifft. Gewiß rührt die Schwächung zum Teil daher, daß die Strahlen einen längeren Weg im Glase zurücklegen; durch Vergleichung kann man sich aber davon überzeugen, daß die Zurückwerfung die größte Rolle spielt.

Natürlich kann man dieselben Versuche mit einer Thermosäule und Multiplikator oder einigermaßen mit einem Differentialthermometer machen, aber am bequemsten scheint es mir mit einem Radiometer. Es versteht sich von selbst, daß die Versuche mit anderen Stoffen wie Glas und mit verschiedenen Strahlenquellen gemacht werden können.

Eine andere Beobachtung ist folgende. Man stelle ein Radiometer auf ein Klavier und Sorge dafür, daß die Flügel sich zu bewegen auf dem Sprunge stehen, was sich leicht erreichen läßt, sei es, daß man mit Tageslicht oder mit künstlichem Lichte arbeitet. Spielt man nun das Klavier, so beginnen die Flügel herumzugehen; hört man zu spielen auf, so stehen die Flügel still. Dies zeigt, daß Erschütterungen oder Schwingungen die Reibung vermindern. Derselbe Versuch kann mit einer Spieldose ausgeführt werden, aber er kann auch noch einfacher gemacht werden. Man stellt das Radiometer auf einen gewöhnlichen Tisch und sorgt dafür, daß die Flügel sich zu bewegen eben im Begriffe sind. Schlägt man nun eine kräftige Stimmgabel an und drückt den Stiel leicht gegen die Tischplatte, so werden die Flügel sich in Bewegung setzen, um wieder stille zu halten, wenn die Stimmgabel zu schwingen aufhört.

Obgleich das Radiometer gewöhnlich nicht zu den physikalischen Schulsammlungen gehört, so ersieht man, daß Anschaffung desselben sich doch lohnen kann. Man muß ein

solches mit möglichst kleiner Reibung wählen; dann kann man sehr kleine Geschwindigkeiten der Flügel erreichen, wodurch die Vergleichung erleichtert wird.

Schließlich lenke ich die Aufmerksamkeit auf die Möglichkeit hin, vermittelt eines Radiometers Erschütterungen zu entdecken. Zu diesem Zwecke könnte man einen Lichtstrahl auf die Flügel fallen lassen und das zurückgeworfene Licht einen empfindlichen beweglichen Papierstreifen treffen lassen. Je größer die Geschwindigkeit der Flügel ist, je näher werden die auf dem Papier abgesetzten Zeichen beieinander liegen. Vielleicht könnten schwache Erdschütterungen sich auf diese Weise verraten.

### Experimenteller Nachweis der Reaktionsfähigkeit des Stickstoffes.

Von Dr. **Berthold König** in Göding (Mähren).

Zwei einfache Versuche gestatten die Bildung von Stickstoffverbindungen sehr anschaulich zu machen. (1.) In der Mitte einer Korkscheibe *K* (Fig. 1) oder eines Brettchens wird ein emporragender, hakenförmiger Eisendraht befestigt, der zum Anhängen eines dichten Magnesiumdrahtbündels dient (Fig. 1). Wird nun der Magnesiumdraht mittels des Bunsenbrenners entzündet, nachdem man die Vorrichtung auf Wasser gesetzt hatte, und rasch eine Glasglocke darüber gestülpt, so steigt das Wasser sehr rasch in die Glocke und die Schüler sehen, daß nicht nur  $\frac{1}{5}$  der Luft (Sauerstoff), sondern etwa die Hälfte weggenommen, also vom Magnesium gebunden wurde. (Fig. 1.) Der brennende Draht muß weit von der Glaswand entfernt sein, sonst springt die Glocke. Es empfiehlt sich daher, diesen Versuch mit einer Flasche, welcher der Boden abgesprengt wurde, zu machen.

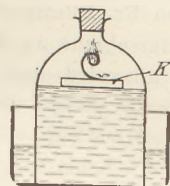


Fig. 1.

(2.) Hat nun der erste Versuch das Zustandekommen einer Magnesiumstickstoffverbindung ( $Mg_3 N_2$ ) gezeigt, so soll ein zweiter Versuch es ermöglichen, eine größere Menge dieses Stoffes, Magnesiumnitrid, herzustellen. Etwa 50 cm Magnesiumband werden bündelförmig gewickelt und mit einem Magnesiumdrahte fest zusammengebunden. Dieses Bündel *A* (Fig. 2) liegt auf einem Drahtnetzdreifuß *D*, welcher auf einem größeren Drahtnetz *C* steht, das auf einem weiten Eisenring des Stativs *E* ruht. Das Magnesiumbündel wird entzündet und hierauf ein weites Becherglas *B* über den Dreifuß gestülpt. Durch die große Wärmewirkung des verbrennenden Magnesiums wird manchmal ein Sprung im Becherglas erzeugt, so daß es empfehlenswert erscheint, schadhafte Bechergläser zu verwenden. Würde das Magnesium nicht überdeckt werden, so entstünde bei der Verbrennung desselben infolge hinreichenden Sauerstoffzutrittes  $MgO$ . Unter dem bedeckenden Gefäße aber sammelt sich nach Wegnahme des Sauerstoffes

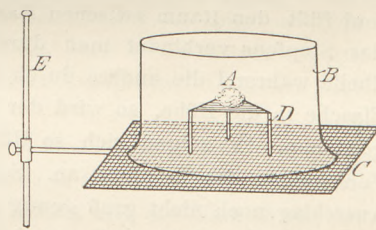
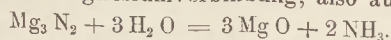


Fig. 2.

durch das hellbrennende Mg der leichtere Luftbestandteil Stickstoff an, und man beobachtet, daß die Stärke der Reaktion nachläßt, und eine geraume Zeit bloß Gelbglut herrscht. Nach dem Erkalten zeigt das Reaktionsprodukt in seinem Äußeren weißes  $MgO$ , aber in seinem Inneren eine graue Masse, die mit Wasser übergossen heftig  $NH_3$  entwickelt. Der Wasserstoff des Ammoniaks stammt wohl aus dem Wasser, aber der Stickstoff kann nur, das leuchtet dem Schüler sofort ein, aus der Magnesiumverbindung, also aus der Luft, herrühren:



### Versuche mit einfachen Mitteln.

1. Ein einfacher Versuch über die Lichtbrechung. Von Prof. Adami in Hof. Man fülle ein großes rechteckiges Glasgefäß (am besten einen Akkumulatoren-Glastrog) mit Wasser. Hierauf verschließt man ein bis zur halben Höhe mit Wasser gefülltes Reagenzglas mit dem

Finger, bringt es mit der Öffnung nach unten in das Wasser des Glastrogs und entfernt den Finger. Das Reagenzglas wird jetzt ungefähr 3 cm über das Wasser des Glastrogs herausragen. Der Teil des Reagenzglases im Wasser, der eine totale Reflexion liefert, besitzt dann gleichfalls eine Länge von 3 cm, während der untere Teil des Reagenzglases mit Wasser gefüllt ist.

Stellt man sich jetzt etwas seitlich vom Reagenzglas auf, so hat es den Anschein, als ob zwei ganz getrennte Körper vorhanden wären. Der aus dem Wasser ragende Teil des Reagenzglases bildet nicht mehr die Fortsetzung des total reflektierenden Teiles, sondern man erreicht bei geeigneter Aufstellung eine Verschiebung des aus dem Wasser ragenden Teils gegen den im Wasser stehenden bis zu 5 cm.

Bemerkenswert ist außerdem, daß das Reagenzglas drei verschiedene Typen zeigt: gewöhnliche Luft im oberen Teil, totale Reflexion im mittleren und Wasser im unteren Teil, und zwar bei senkrechter Stellung des Reagenzglases.

**2. Ein Apparat zum Nachweis der Luftdruckabnahme für kleine Höhenunterschiede.**  
Von Fr. Ellemann in Cöthen-Anhalt. Um die Abnahme des Luftdruckes für kleine Höhenunterschiede zu demonstrieren, hatte Behn ein weites Rohr empfohlen, das mit Leuchtgas gefüllt wird und an den Enden je eine Öffnung trägt, an welchen das Gas entzündet wird. Wer in dieser oder in der von Steindel im Januarheft beschriebenen Form den Versuch angestellt hat, wird über die Wirkung erstaunt, geradezu verblüfft gewesen sein. Leider ist die Erklärung für die auffallende Erscheinung nicht so einfach, daß sie im Schulunterrichte mit wenigen Worten abgetan werden könnte. Darum suchte ich nach einem ebenso einfach anzustellenden wie einfach zu erklärenden Experimente. Ich glaube dies in der abgeänderten Form des Variometers gefunden zu haben. Im nachfolgenden möge die Anordnung, wie sie sich mit den allereinfachsten Mitteln zusammensetzen läßt, beschrieben werden.

Man braucht 1. eine Drucklibelle, also ein in der Mitte schwach gebogenes Rohr, in dem sich ein mit Alkanna gefärbter Petroleumtropfen befindet<sup>1)</sup>, 2. eine gewöhnliche Literflasche, die mit einem doppelt durchbohrten Stopfen verschlossen wird. Diese Flasche kann nun entweder mit einer dicken Filzhülle umgeben werden, oder man legt dieselbe, wie ich es getan habe, in einen Holzkasten, so daß nur die Mündung des Flaschenhalses heraussteht, und füllt den Raum zwischen Kasten und Flasche mit Kieselgur aus. Die eine Öffnung des Stopfens verbindet man durch einen längeren Kapillargummischlauch mit der Drucklibelle, während die andere durch ein Gummihütchen verschlossen wird. Hebt man nun die Flasche in die Höhe, so wird der Tropfen nach außen, senkt man die Flasche, nach innen getrieben. Es zeigen sich so Höhendifferenzen von einigen Dezimetern durch deutliches Verschieben des Tropfens an. Sollte die Empfindlichkeit noch nicht genügen, bezw. der Ausschlag noch nicht groß genug sein, so kann man den Projektionsapparat zuzuhilfe nehmen.

Die Erklärung wird von jedem Schüler leicht gefunden. Wird die Flasche gehoben, so kommt sie in Höhen mit geringerem Druck; ihr Luftinhalt hat demnach gegenüber der Außenluft einen Überdruck: der Tropfen wandert infolgedessen nach außen. Umgekehrt verhält es sich beim Senken der Flasche.

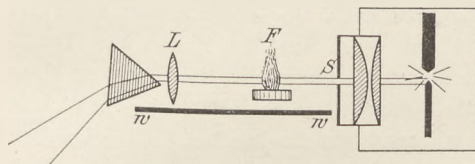
Jetzt wird auch ohne weiteres verständlich, warum die Flasche mit einer wärmeisolierenden Hülle umgeben werden muß, wozu die zweite Durchbohrung an dem Flaschenstopfen ist. Einmal soll eine Erwärmung des Flascheninhaltes vermieden werden, also der Einwand hinfällig werden, daß die Druckanzeige an der Libelle einer Spannkraftzunahme infolge Erwärmung zuzuschreiben sei. Das andere Mal soll das Gummihütchen einen bequemen Druckausgleich zwischen dem Innern der Flasche und der äußeren Luft und ein bequemes Einstellen des Tropfens ermöglichen.

<sup>1)</sup> Eine solche Vorrichtung ist in d. Zeitschr. III 66 von W. Holtz als Indikator bei Wärmeversuchen beschrieben worden.

## Für die Praxis.

**Zur Umkehrung der Natriumlinie.** Von Dr. B. König und J. Zupanec in Göding (Mähren).

Nach den in verschiedenen Fachblättern enthaltenen Vorschriften konnten wir immer nur ein intermittierendes, kaum eine Sekunde andauerndes Aufzucken der dunklen Linie erreichen, so daß wir uns veranlaßt sahen, das folgende Verfahren zu ersinnen.



Die Aufstellung des Projektionsapparates geht aus der nebenstehenden Figur hervor, in der *S* den Spalt, *L* eine Sammellinse, *ww* einen Schirm zur Ablendung des Natriumlichts bedeutet. Etwa 10 cm vor dem Spalt wird bei *F* auf einem Tonscherben, Eisenschälchen oder Holzbrettchen ein Natriumsalz-haltiger Pulversatz

zur Entzündung gebracht. Natürlich muß das Pulverhäufchen im Strahlengange etwa 1 cm tiefer als der Spalt stehen. Das intensiv gelbe Natriumlicht bewirkt bei kontinuierlicher Absorption eine etwa 1 Minute andauernde dunkle Linie an Stelle der Natriumlinie.

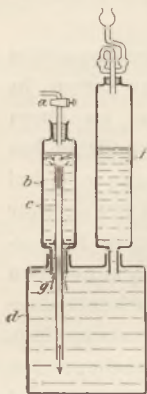
Wie unsere Versuche zeigten, ist das Schießpulver des Handels zu dem vorliegenden Zwecke völlig ungeeignet, da es viel zu rasch abbrennt. Um ein möglichst langsam und unter vermindertem Sprühen erfolgreiches Abbrennen zu erzielen, bedienen wir uns des Natriumsalpeters, der allerdings die unangenehme Eigenschaft besitzt, etwas hygroskopisch zu sein, ein Umstand, dem man durch Aufbewahren des Pulversatzes in Glasflaschen mit eingeriebenem Glasstöpsel hinreichend begegnen kann. Ein Zusatz von Kochsalz zum Pulver wirkt günstig, doch darf eine gewisse Grenze hierbei nicht überschritten werden, sonst tritt beim Brennen lebhaftes Sprühen ein, oder das Pulver brennt überhaupt nicht. Wir fanden es auch gut, auf den Zusatz von Schwefel ganz zu verzichten. Das Pulver ist leicht durch Verreiben der Bestandteile in einer Reibschale herzustellen und wird zweckmäßig zusammengesetzt aus 50 g Kaliumnitrat, 30 g Natriumnitrat, 15–20 g Holzkohlenpulver, 30 g Kochsalz (trocken).

Für den Versuch benötigt man 15–20 g des Pulvers. Die sich entwickelnden Gase bestehen aus Stickstoff und Kohlendioxyd und reißen Holzkohlenteilchen mit. Ein kurzes Öffnen der Fenster nach dem Versuche reinigt in wenigen Minuten die Luft.

Die hohe und intensive Natriumflamme würde aber das Zimmer zu sehr erhellen, auch die Spektralfarben überdecken, so daß man einen Schirm oder hohen Rauchfang aus Blech oder auch Holz anbringen muß. Ein solcher kann leicht aus einigen Brettchen hergestellt werden.

**Schellbachsche Natriumröhren.** Von Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller. Die Schellbachschen Natriumröhren zur Demonstration des Kirchhoffschen Satzes und der Umkehrung der Natriumlinien (*d. Ztschr. II 82, VIII 95*) welche im Handel für 8–10 M angeboten werden, kann man, auch ohne sich aufs Glasblasen zu verstehen, leicht selbst herstellen. Eine für 0,5 M käufliche Kugelhöhre für Reduktionsversuche aus schwer schmelzendem Glas mit drei etwa 3,5 cm dicken Kugeln wird unter Vorschaltung eines Trockenapparats durch einen nicht zu kurzen, trocknen Schlauch mit einem Wasserstoffentwickler verbunden. Nach Verdrängung [der Luft schiebt man, ohne den Gasstrom zu unterbrechen, kurze Natriumstängelchen, die [man von einem frisch umgeschmolzenen und auf eine Metallplatte ausgegossenen Natriumkuchen abgeschnitten, in das offene Rohrende und verschließt es mit einem Kork. Hierauf zieht man erst dieses und dann das am Schlauch sitzende Ende in einer Bunsenflamme aus und schmilzt zu. Die Natriumstücke werden dann durch Wenden und Rütteln der Röhre in die drei Kugeln verteilt und festgeschmolzen. Da die Kugeln, auch wenn man das Natrium mittels einer kleinen Weingeistflamme vorsichtig erhitzt, nach mehrmaliger Benutzung unklar werden, ist es angezeigt, gleich einen kleinen Vorrat von Röhren herzustellen.

**Über einen neuen Gasentwicklungsapparat.** Von Prof. Dr. Steiger, St. Gallen. Beim Öffnen des Hahnes *a* dringt die Säure in das mit Zink oder Schwefeleisen beschickte Gefäß *b*, und die Gasentwicklung beginnt. Die gebildete, schwere Salzlösung wird von den aufsteigenden Gasblasen in die Höhe gerissen, gelangt oben in das Trichterrohr *c* und wird durch dieses auf den Boden des Säurebehälters *d* abgeführt. Man kann beobachten, daß die Salzlösung nach dem Verlassen der untern Mündung des Trichterrohres noch eine Strecke weit die Form eines runden Stabes beibehält und sich dann auf dem Boden der Woulffschen Flasche *d* ausbreitet. Durch diesen Vorgang wird die Säure zu einer Zirkulation gebracht, indem die konzentriertere Salzlösung beständig durch das Trichterrohr fortfließt, während gleichzeitig bei *g* die spezifisch leichtere, kräftigere Säure in das Gefäß *b* einströmt und hier das Zink bzw. Schwefeleisen angreift; hierdurch erzielt man den Vorteil einer intensiven Gasentwicklung sowie einer sehr guten Ausnützung der Säure, was einer Ersparnis derselben und einer Erhöhung der Lebensdauer des Gasentwicklers gleichkommt. Beim Kippschen Apparat bleibt die Salzlösung zwischen den Zinkgranalien bzw. den Eisensulfidstücken liegen, sie vermischt sich mit der Säure und bewirkt ein rasches Er-



lahmen und eine mangelhafte Ausnützung derselben. Durch die Verwendung einer in jeder beliebigen Größe erhältlichen Woulffschen Flasche als Säurebehälter erhöht sich die Leistungsfähigkeit unseres Apparates derart, daß dieselbe auch den weitestgehenden Anforderungen entsprechen dürfte. Die Lebensdauer eines Gasentwicklers hängt eben sehr von der Säuremenge ab, die er zu fassen vermag: Theoretisch erfordern 1000 g Schwefelsäure 663 g Zink, und diese liefern 227 l Wasserstoff (Normalzustand); 2000 g Zink entsprechen 687 l Wasserstoff (Normalzustand). Füllt man den Gasapparat mit 10 l einer 10 proz. Schwefelsäure und mit 2000 g Zinkgranalien, so enthält derselbe noch 1337 (2000—667) g Zink, wenn die Säure bis zur völligen Erschöpfung auf das Metall eingewirkt hat. In das Gefäß *b* bringt man eine perforierte Hartgummischeibe und das Trichterrohr mit Kautschukring, füllt 2000—2100 g Zinkgranalien ein und verschließt die obere Öffnung mit einem durchbohrten Kautschukstopfen, welcher das mit Glashahn versehene Gasentbindungsrohr trägt. Sodann gießt man durch den Zylinder *f* so viel verdünnte Schwefelsäure ein (85 g konz.  $H_2SO_4$  im Liter Wasser), daß der obere Rand des Glastrichters in *b* völlig überdeckt ist, und schließt den Glashahn; das am Entweichen verhinderte Gas drückt die Säure aus dem Zinkgefäß in den Zylinder *f*, dann hört die Gasentwicklung von selbst auf. Beim Öffnen des Hahnes wird das Gas durch den Druck der Flüssigkeitssäule herausgepreßt.

Für Schwefelwasserstoff füllt man 2000—2100 g Eisensulfid ein und eine verdünnte Schwefelsäure, welche im Liter 150—200 g  $H_2SO_4$  gelöst enthält. Anstatt Schwefelsäure kann auch verdünnte Salzsäure genommen werden.

Ist die Säure erschöpft, so gießt man sie durch die obere Öffnung des Zylinders *f* weg und ergänzt in *b* den Vorrat an Zink bzw. Schwefeleisen. Es ist somit bei der Neubeschickung nicht nötig, die Zylinderaufsätze *b* und *f* aus der Tubulatur zu entfernen.

Eine tadellose Dichtung ist leicht dadurch zu erzielen, daß man den Kautschukstopfen in den Tubus einsetzt und alsdann das ausgezogene Ende des Zylinders durch die Bohrung preßt, welche zuvor mit Vaseline ausgestrichen worden ist. Das untere Rohrende des Zink- bzw. Schwefeleisengefäßes *b* soll nur einige Millimeter über den Rand des Kautschukstopfens vorstehen. Dagegen empfiehlt es sich, den Zylinder *f* etwas tiefer zu stellen, um der kleinen, durch die sog. Nachentwicklung entstandenen Gasmenge Gelegenheit zu geben, sich in der Woulffschen Flasche anzusammeln; auf diese Weise wird mit Leichtigkeit jeglicher Gasverlust vermieden.

Die Firma C. Desaga in Heidelberg hat die Herstellung des Apparates übernommen. D. R. G. M. 260018.



## Berichte.

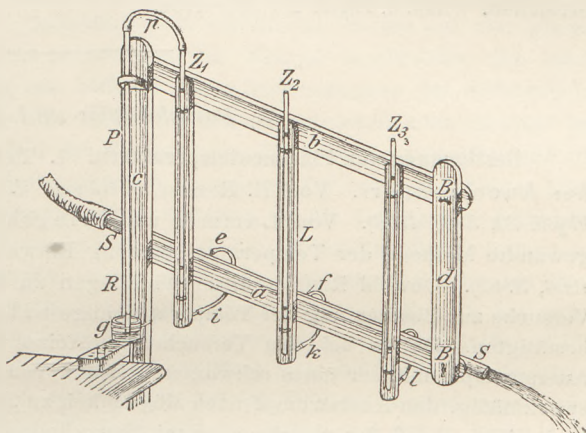
### 1. Apparate und Versuche.

**Ein hydrodynamischer Vorlesungsapparat.** Von LEOPOLD KANN. (*Physik. Ztschr.* VII, No. 2, 1906.) Der Apparat hat den Zweck, die Druckverhältnisse in Flüssigkeiten, welche durch verschieden geneigte Röhren fließen, in kontinuierlichem Übergange vorzuführen. Die Vorteile eines solchen Apparates liegen besonders darin, daß er die richtige Auffassung der Verhältnisse, unter welchen in solchen von Flüssigkeiten durchströmten Röhren Saugwirkung eintritt, ermöglicht.

Es handelt sich also darum: einem Rohre, während es z. B. von Wasser durchströmt wird, jede beliebige Neigung geben zu können (es z. B. in stetem Übergange aus der Horizontalstellung in eine nach aufwärts oder nach abwärts geneigte überzuführen); wobei es möglich sein muß, die Druckverhältnisse und Druckveränderungen — etwa an Wasserstandsrohrröhrchen — beobachtend zu verfolgen.

An der unteren Leiste *a* des mittels Bolzen *B* zusammengesetzten Parallelogramm-Gelenkrahmens *R* ist das Strömungsrohr *S* (aus Glas oder Metall) angebracht, welches mit Ansätzen

(*e, f* usw.) versehen ist, die mittels Kautschukschläuchen *i, k, l* mit Druckzeigerröhrchen *Z* aus Glas verbunden werden. Diese sind auf schmalen, mit Millimeterteilung versehenen Leisten *L* aufmontiert, welche in entsprechenden Abständen parallel zu den Vertikalleisten *c, d* mittels Schrauben an den Leisten *a, b* beweglich angebracht sind; welche Anordnung zwangsläufig dazu führt, daß die Röhrchen *Z* bei jeder Bewegung des Gelenkrahmens *R* parallel zu *c, d*, also wenn diese senkrecht stehen, vertikal bleiben. Der Apparat kann mittels



der an der Vertikalleiste *c* befestigten Zwinde *H* an jedem Tisch oder Stativ festgeschraubt werden. Das Festziehen oder Lockern der Flügelschrauben der Bolzen *B* bewirkt eine strengere oder leichtere Beweglichkeit des Rahmens in seinen Gelenken.

Wird das Strömungsrohr *S*, z. B. in horizontaler Stellung, mittels eines Kautschukschlauches mit einem geeigneten Wasserreservoir oder besser mit einer Wasserleitung verbunden, und strömt das Wasser mit einer bestimmten, von der Wasserhahnstellung abhängigen Geschwindigkeit durch das Rohr, so kann der Druck an den Stellen *e, f* usw. an dem Wasserstand der Röhrchen *Z* abgelesen werden. Die Wasserkuppen liegen bekanntlich auf einer Geraden von solcher Neigung, daß sie das Rohr in der Ausflußöffnung trifft.

Soll das Strömungsrohr nun nach aufwärts geneigt werden, so braucht man bloß den Rahmen *R* nach aufwärts zu drehen. Hierbei nehmen die Leisten *a* und *b*, und mit ihnen *S*, die gewünschte Neigung an, während *c* und *d*, und ebenso die Röhrchen *Z*, vertikal bleiben. Jetzt kommt zu den Reibungswiderständen im Rohre *S* (noch die durch die Neigung des Rohres bestimmte Schwerekomponente des durchfließenden Wasserstrahles hinzu, und die Druckabnahme von einem Röhrchen *Z* zum andern (d. i. eben der zur Überwindung der auf diesem Wege im Rohre gelegenen Bewegungswiderstände nötige Überdruck) wird größer.

Drehen wir hingegen den Rahmen *R* und mit ihm das Rohr *S* allmählich aus der horizontalen Stellung nach abwärts, so hilft nunmehr die jetzt immer größer werdende Schwerekomponente auf der immer stärker nach abwärts sich neigenden schiefen Ebene bei der Überwindung der Reibungswiderstände mit — und der Überdruck von einem Röhrchen *Z*

zum anderen wird immer kleiner, bis bei einer bestimmten Stellung der Druck überall im Rohre gleich wird. Wird das Rohr nun noch stärker nach abwärts geneigt, so überwiegt die Schwerekomponente — die Röhren  $Z$  zeigen einen negativen Druck, — es tritt Saugwirkung ein, und zwar abnehmend von  $Z_1$  gegen  $Z_3$ .

Dies wird sehr anschaulich gezeigt, indem man  $Z_1$  mittels Kautschukschlauchs  $p$  mit der in das mit Wasser gefüllte Gefäß  $g$  tauchenden Glasröhre  $P$  verbindet, welche (ebenso wie  $g$ ) in einfachster Weise an der Leiste  $c$  befestigt ist. Bei einem vom Verf. selbst gebauten Apparat wird hierbei — bei ca.  $35^\circ$  Neigung von  $S$  — das Wasser in  $P$  über 40 cm hoch gesaugt.

**Zur Demonstration elektrischer Kraftlinien** nimmt W. HOLTZ einen halben Bogen unechtes Silberpapier und biegt die zugespitzten Enden zweier dicker Kupferdrähte, die mit den Elektroden einer Influenzmaschine in Verbindung stehen, so abwärts, daß sie in der Mittellinie des Papiers stehen. Läßt man dann unter Benutzung der kleinen Flaschen die Maschine wirken, so daß die Funken von den Elektroden nach den aufgezogenen Messingröhren schlagen, so erhält man auf dem Papier im verdunkelten Zimmer ein Bild der Kraftlinien. Die Funken sind rötlich bläulich, bei Benutzung von unechtem Goldpapier werden sie grün. Eine entsprechende Erscheinung ließ sich durch einen galvanischen Strom von 70 Volt nicht erreichen. (*Ann. d. Physik* 20. 591; 1906.)

Schk.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Bestimmung von Flammentemperaturen.** 1. Temperatur und Emissionsvermögen des Auerbrenners. Von H. RUBENS (*Verhandl. d. Deutschen Phys. Ges.* 1906, S. 41; *Ann. d. Physik* 20, 593; 1906). Von Lummer und Pringsheim waren gegen die von RUBENS angewandte Methode der Temperaturschätzung Einwendungen erhoben worden (*Phys. Zeitschr.* 1906, S. 89). Obwohl RUBENS diese widerlegen zu können glaubt, hat er doch noch neue Versuche zur Bestimmung der Temperatur angestellt, die seine früheren Annahmen durchaus bestätigten. Da es bei den Versuchen auf eine Vergleichung der Gesamtstrahlung des Auerstrumpfs mit der eines schwarzen Körpers von gleicher Temperatur ankam, so war es zweckmäßig, den Auerstrumpf nach Möglichkeit zu „schwärzen“. Das geschah nach Paschen in der Weise, daß der Auerbrenner mit Zugzylinder in den Mittelpunkt einer kugelförmigen, innen versilberten Glasglocke gebracht wurde; durch ein kleines, kreisförmiges Loch von 1 cm Durchmesser wurde eine nahe dem Kugelmittelpunkt befindliche Stelle des Strumpfrandes mit dem Pyrometerfernrohr avisiert und abwechselnd die „schwarze Temperatur“ bei Einschaltung eines blau- bzw. rotdurchlässigen Strahlenfilters gemessen. Die schwärzende Wirkung der Glocke war sehr erheblich und schon dem bloßen Auge durch eine starke Vermehrung der roten Strahlung erkennbar. Die Pyrometermessungen ergaben in Übereinstimmung mit den früheren Versuchen eine sehr geringe Zunahme der schwarzen Temperatur im Blau, eine sehr bedeutende im Rot. Während z. B. bei einem Versuche durch Aufsetzen der Glocke die „schwarze Temperatur“ im Blau nur um  $19^\circ$  stieg, wuchs sie im Rot um  $98^\circ$ ; dies entspricht einem Anwachsen der photometrischen Helligkeit im Blau um 10 Proz., im Rot auf das 2,2fache des Anfangswertes. Ein Kontrollversuch, den der Verf. mit einer Deutschen Vereins-Paraffinkerze von bekannter Temperatur ( $1430^\circ$ ) und bekanntem Emissionsvermögen (0,2) anstellte, ergab, daß die „schwarze Temperatur“ der Flamme durch Aufsetzen der Glocke von  $1200^\circ$  auf  $1310^\circ$  stieg, daß hier also ähnliche Verhältnisse herrschten wie beim Auerstrumpf im Rot. Die geringe Erhöhung der Auerstrahlung im Blau rührt wohl zum Teil von der durch die Glocke veranlaßten Temperaturerhöhung her, so daß der Glühstrumpf auch ohne Glocke schon als beinahe „schwarz“ angesehen werden kann. Verschiedene Glühstrümpfe, die mit dem optischen Pyrometer und der Silberglocke untersucht wurden, ergaben Maximaltemperaturen von  $1560$  bis  $1590^\circ$ , Werte, die den früher gefundenen durchaus entsprechen. Dagegen erhielt man viel höhere Temperaturen (bis  $1700$  und  $1800^\circ$ ),

wenn man statt des ganzen Strumpfes nur ein kleines, aus wenigen Fäden bestehendes Stückchen der Strumpfmasse in den äußeren Saum eines Bunsenbrenners brachte. Diese Erscheinung soll noch weiter verfolgt werden.

Der Ceriumoxydstrumpf zeigt, mit dem optischen Pyrometer gemessen, für fast alle Farben die gleiche schwarze Temperatur von  $1103^{\circ}\text{C}$ ., nur im Rot etwa  $12^{\circ}$  weniger. Mit der Silberglocke verschwand auch dieser Unterschied, und die Temperatur stieg von  $1103$  auf  $1115^{\circ}\text{C}$ . Auch diese geringe Zunahme kann auf einer faktischen Temperaturerhöhung des Strumpfes beruhen. Hiernach bleiben alle von RUBENS früher gefundenen Temperaturen auch bei diesen neuen Versuchen im wesentlichen die gleichen.

Auerstrümpfe mit verschiedenem (2, 3 und 5%) Cergehalt sind in kaltem Zustande von den anderen Strümpfen nicht zu unterscheiden. Sobald die Strümpfe aber im Tageslicht um einige 100 Grad erwärmt werden, so bleibt der Strumpf aus reinem Thoriumoxyd unverändert weiß, während die anderen Strümpfe sich schmutziggrün färben, und zwar um so dunkler, je größer der Cergehalt ist. Bei beginnender Glut geht die Farbe bei höherem Cergehalt in ein dunkles Braun über. Durch besondere Versuche wurde festgestellt, daß das von dem Gewebe in kaltem Zustande im sichtbaren Gebiet diffus reflektierte Licht etwa doppelt so intensiv ist als das hindurchgelassene. Mit wachsendem Cergehalt oder steigender Temperatur war eine Abnahme des diffusen Reflexionsvermögens stets mit einer entsprechenden Verminderung der Durchlässigkeit verbunden, woraus auf eine gleichzeitige Erhöhung des Emissionsvermögens zu schließen ist. RUBENS beschränkte sich daher auf die leicht ausführbare Vergleichung des diffusen Reflexionsvermögens der Strümpfe im heißen und kalten Zustand. Zu dem Zweck wurde auf den zu untersuchenden Strumpf mit Hilfe eines Kondensors das sehr helle Bild des Kraters einer Bogenlampe geworfen und die Helligkeit der beleuchteten Stelle mit dem optischen Pyrometer für rotes und blaues Licht ermittelt. Die Untersuchung erfolgte sowohl für den kalten als für den normal glühenden Strumpf mit und ohne Beleuchtung. Es zeigte sich, daß sich im Rot das diffuse Reflexionsvermögen des heißen Strumpfes von dem des kalten nicht sehr unterscheidet. Für den Thorstrumpf und den Degeastrumpf ist jenes bei hoher Temperatur etwas größer als bei tiefer; mit wachsendem Cergehalt vermindert sich das Reflexionsvermögen des heißen Glühstrumpfes im Rot allmählich. Im Blau dagegen vermindert sich das Reflexionsvermögen der cerhaltigen Strümpfe im Glühzustand auf etwa  $\frac{1}{3}$  des für Zimmertemperatur geltenden Wertes, während der Strumpf mit reinem Thoriumoxyd im heißen und kalten Zustand für Blau das gleiche Reflexionsvermögen zeigt. Die Abnahme des Reflexionsvermögens im ersteren Falle läßt sich objektiv sichtbar machen, wenn man den beleuchteten Fleck des Auerstrumpfes durch ein Blaufilter hindurch auf einen weißen Schirm projiziert; die Helligkeit des blauen Flecks sinkt, wenn man den Brenner entzündet, deutlich auf  $\frac{1}{3}$  ihres früheren Wertes. Nimmt man einen Schirm von Baryumplatincyanür, so vermindert sich die Helligkeit auf  $\frac{1}{6}$  des Anfangswertes, da hier fast nur Strahlen sehr kleiner Wellenlänge wirksam sind, für die der heiße Strumpf sehr schwarz ist. Die Wirkung des höheren Cergehalts im Blau würde noch größer sein, wenn nicht gleichzeitig eine Erniedrigung der Glühtemperatur eintreten würde. Im Rot dagegen tritt die Zunahme des Emissionsvermögens mit steigender Temperatur gegenüber dem Einfluß des hohen Cergehalts mehr zurück. Die „schwarze Temperatur“ nimmt daher mit wachsendem Cergehalt im Blau sehr rasch ab, ändert sich aber im Rot nur wenig.

Das Emissionsvermögen eines Degeastrumpffadens bestimmte RUBENS durch Vergleich mit dem eines Gipsschirmes schätzungsweise zu 0,2 im Rot und Blau im kalten Zustande. Da sich im heißen Zustande das diffus zerstreute Licht auf 0,37 des Anfangswertes im Blau vermindert, im Rot auf das 1,02fache vermehrt, so beträgt es im Blau 30%, im Rot 82% der auffallenden Strahlung. Hiernach wäre das Emissionsvermögen des heißen Degeastrumpffadens 0,7 im Blau, 0,18 im Rot. Für den glühenden Strumpf, wo 2 Gewebeschichten hintereinander strahlen, ist das Emissionsvermögen wohl noch etwas höher. Wegen der höheren „schwarzen“ Temperatur übertrifft die Lichtwirkung des Degeastrumpfes die

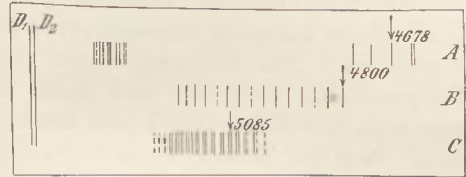
der Strümpfe mit höherem Cergehalt. Der günstigste Prozentsatz von Cer hängt aber wohl auch von der Art des Gewebes ab.

2. Bestimmung der Temperatur leuchtender Flammen. Von F. KURLBAUM und G. SCHULZE (*Verhandl. der Deutschen Phys. Ges.* 1906, S. 239). Die leuchtende Flamme besitze eine Reihe sehr dünner paralleler strahlender Schichten; steht dann hinter diesen Schichten ein gleich temperierter schwarzer Körper, so ist die Emission der Schichten gleich dem Betrage, den die Schichten von der Strahlung des schwarzen Körpers absorbieren. Solange die Temperaturen der Schichten und des schwarzen Körpers einander gleich sind, bleibt daher die Strahlung des schwarzen Körpers unverändert, ob die Schichten davor stehen oder nicht. Ist die Temperatur der Schichten niedriger, so wird die Strahlung des schwarzen Körpers durch die Schichten geschwächt; das umgekehrte tritt ein, wenn die Schichten heißer sind. Solche strahlenden Schichten werden in leuchtenden Flammen von festen Kohlenstoffpartikelchen gebildet. Nichtleuchtende Flammen können durch Einführung von Metallsalzen eine spezifische Strahlung erhalten. Natürlich gelten die Überlegungen nur für eine reine Temperaturstrahlung.

Die Messungen der Verff. bezogen sich auf eine Spiritusflamme, eine Gasflamme des Bunsenbrenners und eine Wasserstoffflamme. Da sich mit einem schwarzen Körper nur langsam Temperaturänderungen vornehmen lassen, und seine Temperatur nicht wesentlich über  $1550^{\circ}\text{C}$ . gesteigert werden kann, so wurden die Flammentemperaturen mit einer Nernstlampe bestimmt, die mit Hilfe eines schwarzen Körpers geeicht wurde. Die Flamme stand dicht vor der Nernstlampe; eine Linse warf ein scharfes Bild des horizontalen Nernstfadens auf den Spalt eines Spektrometers. Die Färbung der Flammen wurde durch Karbonate oder Chloride von Li, Na, K, Rb und Tl bewirkt. Im Spektrometer sah man das kontinuierliche Spektrum der Nernstlampe, über das die Linien der Salze gelagert waren. Die Helligkeit der Nernstlampe wurde so lange verändert, bis die Linien vor dem Spektrum verschwanden. Die so mit verschiedenen Linien bestimmten Temperaturen lagen für die Spiritusflamme zwischen  $1445$  und  $1476^{\circ}$ , für die Bunsenflamme zwischen  $1660$  und  $1812^{\circ}$ , für die Wasserstoffflamme zwischen  $1844$  und  $1954^{\circ}$ . Die Verschiedenheit der Temperaturen für verschiedene Salze deutet auf einen Anteil an chemischer Strahlung hin. Ferner zeigt sich bei jeder Flamme eine scheinbare Zunahme der Temperatur mit abnehmender Wellenlänge, was wahrscheinlich auf einer Abweichung von der Wien-Planckschen Formel beruht, die allen diesen Messungen zugrunde liegt. Die mit der Linie eines bestimmten Salzes gemessene Temperatur der Flamme erhöhte sich durch Hinzufügung eines zweiten Salzes, das allein eine höhere Temperatur anzeigt bzw. mit einer Linie von kürzerer Wellenlänge gemessen wird. Möglicherweise erklärt sich hierdurch, warum die rote K-Linie eine höhere Temperatur angibt als die Li-Linie, indem erstere durch die zugleich auftretende blaue K-Linie beeinflusst wird. Die Verff. bestimmten endlich die Temperatur eines dünnen, in die Flamme eingeführten Platindrahts und fanden, daß diese nach Einführung der Salze durchweg erniedrigt war. Die an den Linien gemessene Temperaturerhöhung wäre hier nach überhaupt auf chemische Strahlung zurückzuführen. Schk.

**Optische Untersuchungen.** Von R. W. WOOD. 1. Fluoreszenz des Natriumdampfs. (*Phys. Ztschr.* 1906, S. 105 u. 883; *Phil. Mag.* Vol. 12, 499; 1906.) Im Gegensatz zu dem durch verschiedenfarbiges monochromatisches Licht erzeugten Fluoreszenzspektrum des Natriumdampfs (*d. Ztschr.* XIX 180) nennt der Verf. das von weißem Licht erzeugte ein komplexes Fluoreszenzspektrum, da es aus einer Übereinanderlagerung von Einzelspektren besteht, deren jedes unabhängig von den anderen durch geeignete Auswahl des erregenden Lichts erzeugt werden kann. Da der früher hierzu benutzte monochromatische Beleuchtungsapparat sich auf die Dauer nicht bewährte, nahm WOOD für seine weiteren Versuche lieber das einfarbige Licht leuchtender Dämpfe und Gase. Als besonders geeignet erwiesen sich die Starkschen Metallbogenlampen aus Quarz, wie sie von Heraeus in Hanau hergestellt werden; diese Lampen wurden gefüllt mit Cadmium, mit Zink und mit Thallium. Außer diesen wurden auch gewöhnliche Bogenlampen (mit Blei-, Silber-, Wismut-, Kupferelektroden

oder mit Kohlenelektroden, zwischen denen Lithium, Baryum oder Natrium verdampfte) und Vakuumröhren (mit Helium- oder Wasserstoffüllung) benutzt. Durch ein Schwefelkohlenstoffprisma wurde die zur Beleuchtung dienende Spektrallinie ausgesondert und durch eine Linse auf dem Natriumdampf konzentriert. Der Verf. beschreibt eingehend die durch die einzelnen Linien jener Dämpfe und Gase erzeugten Fluoreszenzspektren des Natriumdampfs und vergleicht sie mit dem komplexen Spektrum und auch mit dem im magnetischen Felde erhaltenen Spektrum (d. Ztschr. XIX 181). Hier sei als Beispiel das von den drei Cadmiumlinien der Wellenlängen 4678 (Violett), 4800 (Blau) und 5086 (Grün) erregte Fluoreszenzspektrum wiedergegeben; der Pfeil gibt jedesmal die erregende Linie an. Die Linie 4678 (Fig. A) liefert eine Gruppe von Linien in Gelbgrün und mehrere Linien in Blau; die letzteren dürften direkt, die ersteren indirekt erregt sein. Die Linie 4800 (Fig. B) besteht aus 12 hellen und einigen schwachen Linien. Hier findet der Verf. ein Zusammenfallen mit einigen Liniengruppen des magnetischen Spektrums. Die Linie 5086 (Fig. C) gibt



11 Linienpaare mit gleichen Zwischenräumen. Es ist das der einzige Fall, wo durch monochromatische Erregung Doppellinien gebildet werden. Die Lithiumlinie der Wellenlänge 4971 fällt mit einer der brechbareren Komponenten jener Doublets zusammen; das durch sie erregte Fluoreszenzspektrum enthält auch die entsprechenden Komponenten der anderen Doublets. Die andere Reihe, d. h. die weniger brechbaren Komponenten, können wieder getrennt von den ersten durch die Heliumlinie 5014 erregt werden. Nimmt man an, daß am „Punkt 5086“ zwei Ketten von Elektronen aneinander befestigt sind, so erschüttert der „Vibrator 5086“ beide Ketten, wenn er durch Licht seiner eigenen Schwingungszahl erregt wird, aber nur eine Kette, wenn die Erregung durch Lithiumstrahlung an einem anderen Punkt der Kette erfolgt. Diese Darstellung soll den Vorgang veranschaulichen, nicht aber eigentlich erklären. Nach des Verf. Ansicht ist es wahrscheinlicher, daß die verschiedenen Linien Schwingungen desselben Systems von verschiedener Frequenz darstellen. „Man darf das Molekül auch nicht zu sehr einem Piano gleichsetzen. Die Schwingungen sind vielleicht nur ein Wellengekräusel, das über seine Oberfläche hingehet, oder sie sind ganz verschieden von allem, das uns vertraut ist. Wer nie eine Glocke gesehen hat, würde die Theorie der verwickelten Schwingungen einer solchen nur schwer aus dem Studium einer einfachen Pendelschwingung ableiten können.“

Die durch Kathodenstrahlen in dem Natriumdampf erregte Fluoreszenz gab ein ähnliches Spektrum wie bei weißem Licht. Hier wurde außerdem beim Eintritt der Kathodenstrahlen in die kompakte Masse des Natriumdampfs ein heller grüner, beim Austritt ein orangegelber Fluoreszenzfleck beobachtet, während der dazwischen liegende Raum nicht leuchtete. Die gesonderte Untersuchung der beiden Flecke konnte noch nicht vorgenommen werden.

WOOD zeichnete dann alle durch die verschiedenen Einzellichter erregten Spektren übereinander und verglich dieses Sammelspektrum mit dem „komplexen“ Spektrum. Jenes enthält viele Linien, die in dem komplexen Spektrum nicht enthalten sind. So gibt es in diesem zwischen den Wellenlängen 5000 und 5100 10–12 Linien, während das Sammelspektrum hier mindestens 20 enthält. Ein Vergleich der verschiedenen Fluoreszenzspektren mit dem im Magnetfelde erhaltenen Spektrum führte zu einer Gruppierung der magnetischen Linien in 5 Serien.

2. Optische Eigenschaften des Joddampfs. (*Phil. Mag. Vol. 12, 329; 1906.*) Eine Fluoreszenz des Joddampfs wird beobachtet, wenn man intensives Sonnen- oder Bogenlicht auf unter geringem Druck stehenden Joddampf konzentriert. Das Fluoreszenzlicht ist gelblichgrün und von beträchtlicher Intensität. Bei Atmosphärendruck sieht man gar kein Licht; bei einem Druck von 15 cm Hg beginnt es schwach zu leuchten, um dann bei zunehmender Evakuierung immer stärker zu werden. War noch so viel Luft in der Röhre,

daß der Joddampf gerade nicht mehr leuchtete, so trat die Fluoreszenz sofort ein, wenn man die Röhre erwärmte. Diese Beobachtung führte den Verf. zu der Annahme, daß die Luft bei 15 cm Druck allen sich hierbei bildenden Joddampf in Lösung nimmt; beim Erwärmen wird ein Überschuß von Joddampf frei, und dieser ist es, der allein fluoresziert. Diese Hypothese wird gestützt durch Beobachtungen, die ein Schüler WOODS, ELSTON, mit Anthrazen machte. Anthrazendampf sendet ein helles blaviolettcs Fluoreszenzlicht aus, sobald er im Vakuum oder in Wasserstoff, Stickstoff oder Kohlensäure bei Atmosphärendruck gebildet wird, während er in Sauerstoff, Schwefeldioxyd oder Cyanogen bei Atmosphärendruck völlig dunkel bleibt.

Mit einem Drei-Prismen-Spektrographen wurde das Fluoreszenzspektrum erzeugt und photographiert. Ebenso wie beim Natriumdampf ändert sich die Farbe des Fluoreszenzlichts bei monochromatischer Erregung. Es wird blaugrün bei Erregung mit blauem, gelbgrün bei Erregung mit grünem und orange bei Erregung mit gelbem Licht.

Im Magnetfelde zwischen gekreuzten Nicols (*diese Ztschr. XIX 181*) zeigte der Joddampf ein intensives smaragdgrünes Licht, das von dem Fluoreszenzlicht durchaus verschieden war. Das Spektrum dieses Lichts wurde mit einem Konkavgitter erzeugt und photographiert. Vergleicht man dieses mit dem Absorptionsspektrum des Joddampfs, so findet man, daß einige helle Linien des ersteren mit dunkeln Linien des letzteren zusammenfallen. Nach der Theorie ist es wahrscheinlich, daß die magnetischen Linien doppelt sind, da die Drehung der Polarisationsebene ihren größten Wert zu jeder Seite einer Absorptionslinie hat. Solche doppelten Linien konnten aber hier nicht wahrgenommen werden.

Erhitzt man Joddampf in einer Quarzröhre auf 700°, so strahlt er ein rotes Licht aus. Ist die Röhre breit, so ist dieses Strahlungsspektrum fast kontinuierlich. Beobachtet man aber den in einem kapillaren Ansatzstück der Röhre befindlichen glühenden Dampf, so erscheint er — wohl infolge der hier höheren Temperatur — weiß; sein Spektrum zeigt starke Banden und ähnelt sehr dem Fluoreszenzspektrum.

3. Abnorme Polarisation und Färbung des von kleinen absorbierenden Teilchen zerstreuten Lichts (*Phil. Mag. Vol. 12, 147; 1906*). Bei seinen Versuchen über die Fluoreszenz des Joddampfes beobachtete WOOD den als Jodrauch sich in einer Glasröhre bildenden Niederschlag und fand, daß dieser tiefrot gefärbt war, und die Polarisationsrichtung des von ihm kommenden Lichts senkrecht stand zu der Polarisationsrichtung, die man sonst bei dem an kleinen Teilchen zerstreuten Licht beobachtet. Man erhält den Jodrauch am besten, wenn man in der Röhre gleichzeitig mit dem Joddampf etwas Siegelackrauch entwickelt, an dem sich die Jodkriställchen bei Abkühlung der Röhre ansetzen. Sandte man einen intensiven Lichtstrahl in horizontaler Richtung durch die Röhre, so trat das rote Licht im rechten Winkel dazu heraus, und seine Schwingungsrichtung (der elektrische Vektor) war horizontal anstatt vertikal. Die Erklärung hierfür ergibt sich, wenn man annimmt, daß dieses Licht nach zwei Brechungen und einer Reflexion aus dem Innern der Teilchen herauskommt. Wird das auffallende Licht nur an der äußern Oberfläche der Teilchen reflektiert, so erscheint es farblos und besitzt eine Schwingung senkrecht zu der der einfallenden Strahlen. Sind die Teilchen aber teilweise durchsichtig und so groß, daß sie sich ebenso wie Wassertropfen beim Regenbogen verhalten können, so wird ein anderer Teil des auffallenden Lichtes nach zweimaliger Brechung und einmaliger Reflexion farbig und entgegengesetzt polarisiert austreten. Die Erscheinung läßt sich demonstrieren, wenn man eine kleine Glaskugel [mit einer roten Flüssigkeit füllt und ein Bündel Sonnenlicht hinauffallen läßt: unter einem Winkel von etwas mehr als 90° gegen das einfallende Licht erblickt man dann zwei Lichtflecke, einen ungefärbten und einen gefärbten, beide senkrecht zueinander polarisiert. Ebenso wie mit Jod läßt sich die Erscheinung mit dem gelben Rauch von Nitrosodimethylanilin sehr gut beobachten. Hier erblickt man durch die Röhrenöffnung noch eine Anzahl eigenartige und wechselnde Färbungen, die an Erscheinungen erinnern, die der Verf. mit dünnen, auf Silber niedergeschlagenen Kollodiumhäutchen beobachtete. Fiel auf ein solches Häutchen ein intensives Bündel unpolarisierten weißen

Lichtes senkrecht auf, so zeigte sich das streifend emittierte zerstreute Licht mit dem Nicol geprüft, zur einen Hälfte des Spektrums parallel, zur anderen Hälfte senkrecht zur Oberfläche polarisiert. Hierfür konnte WOOD eine vollständige Erklärung noch nicht finden. — Ähnliche Beobachtungen, wie sie oben beschrieben, lassen sich auch an Staubwolken von pulverigen Anilinfarben etc. machen. So erscheint eine Wolke von Berliner Blau tief blau, wenn man sie mit einem Nicol betrachtet, dessen kurze Diagonale parallel den einfallenden Lichtstrahlen ist, dagegen weiß unter den umgekehrten Bedingungen. Polarisationswirkungen sind hierbei aber nicht zu bemerken.

4. Ob Lamberts Gesetz auf fluoreszierende Körper Anwendung findet, wird von WOOD im *Phil. Mag. Vol. 11, S. 782 (1906)* erörtert. Das Gesetz sagt aus, daß die von einem Oberflächenelement eines weißglühenden festen oder flüssigen Körpers ausgesandte Strahlung proportional ist dem Kosinus des Emissionswinkels. Hieraus folgt, daß die scheinbare Helligkeit einer Oberfläche unabhängig ist von der Richtung, in der sie gesehen wird, und nicht zunimmt bei Verkürzung der Oberfläche. Das Gesetz ist nicht gültig für ein durchsichtiges Gas, indem die Intensität einer flachen Gasflamme wächst, wenn man sie seitwärts dreht. In diesem Falle ist die Strahlung eines Oberflächenelements dieselbe in allen Richtungen und ändert sich nicht mit dem Kosinus des Winkels. Ebenso wie ein leuchtendes Gas verhält sich die Quelle einer Röntgenstrahlung, wie man durch von verschiedenen Richtungen aus aufgenommene Photogramme der Antikathode feststellen kann. Die von fluoreszierenden Flächen kommende Strahlung scheint bisweilen dieselbe Wirkung zu haben. Wenn man ein Becherglas zum Teil mit einer Lösung von Fluorescein füllt und dicht an der Oberfläche zwischen Kadmiumelektroden Funken erzeugt, so erscheint die Oberfläche stark fluoreszierend; und wenn man sie von unten betrachtet, nimmt die Intensität der Fluoreszenz rasch zu, sobald die Oberfläche in Verkürzung gesehen wird, und wird blendend bei streifender Emission. Noch besser sieht man die Erscheinung, wenn man eine Seite eines rechtwinkligen Crownglasprismas mit dem Lichte des Funkens erhellt, der auf der Oberfläche blaue Fluoreszenz erregt. Betrachtet man diese Oberfläche durch die andere Seite des Prismas, so erscheint die Intensität sehr gering in normaler Richtung, während sie bei einem Emissionswinkel von  $5^\circ$  gegen die Oberfläche dreißigmal so groß ist. Eine photometrische Messung der Lichtstärken bei verschiedenen Emissionswinkeln ergab eine volle Übereinstimmung mit den berechneten Werten, bei denen die Annahme gemacht war, daß die Strahlungsintensität jedes fluoreszierenden Moleküls unabhängig ist von der Richtung innerhalb des Glases; unter diesen Bedingungen verdoppelt sich die Helligkeit der Oberfläche, wenn ihr scheinbares Areal durch Verkürzung auf die Hälfte herabgegangen ist.

Die fluoreszierende Strahlung gehorcht hiernach dem Gesetze des durchsichtigen strahlenden Gases, aber nur innerhalb des Mediums. Betrachtet man die fluoreszierende Prismenfläche nicht von der anderen Fläche aus durch das Glas hindurch, sondern von außen durch die Luft, so ist die Helligkeit der Oberfläche am größten in normaler Richtung, während bei streifender Emission eine fluoreszierende Strahlung kaum zu sehen ist. Dieses ist eine Folge davon, daß ein Teil der von den fluoreszierenden inneren Teilchen kommenden Strahlen an der Grenze der beiden Mittel total reflektiert wird. Man erkennt dieses, wenn man einen Quarzwürfel mit einem Tropfen Glycerin auf die fluoreszierende Fläche bringt. Quarz und Glycerin lassen die Fluoreszenz erregenden Strahlen durch, heben aber die Wirkung der totalen Reflexion auf. Demzufolge erscheint jetzt die Helligkeit der Fluoreszenz weniger groß, wenn man das Prisma, wie zuerst, von der Glasseite, dagegen viel größer, wenn man es von der Quarzseite aus betrachtet.

Zur Erklärung der zweiten Beobachtung war also anzunehmen, daß das Fluoreszenzlicht aus einer gewissen Tiefe unterhalb der Oberfläche komme. WOOD hielt es nun für möglich, daß eine mehr von der Oberfläche kommende Fluoreszenz eintritt, wenn die Erregung nicht durch ultraviolettes Licht, sondern durch Kathoden- oder Kanalstrahlen erfolgte. Eine Glaskugel wurde in einer Vakuumröhre so befestigt, daß sie sowohl von

Kathoden- als von Kanalstrahlen getroffen werden konnte. Mit Kathodenstrahlen war der Anblick derselbe wie mit ultraviolettem Licht; fielen aber Kanalstrahlen auf die Oberfläche, so folgte die Phosphoreszenzerscheinung nicht Lamberts Gesetz, indem die Helligkeit mit verkürzter Ansicht der Oberfläche erheblich zunahm. Die Kanalstrahlen sind weniger durchdringend und erregen darum eine rein oberflächliche Fluoreszenz. Man sieht in diesem Licht sehr deutlich die *D*-Linien; daraus scheint zu folgen, daß sich die leuchtenden Natrium-moleküle ganz von dem Mittel befreit haben, und darum auch die strahlende Schicht sich ebenso verhält wie eine leuchtende Flamme. Am besten sieht man die Erscheinung, wenn man eine Steinsalzplatte den Kanalstrahlen aussetzt; man erhält dann bei einem Emissionswinkel von etwa  $85^\circ$  eine helle, gelbe Lichtlinie, die die *D*-Linien ebenso scharf zeigt wie eine Natriumflamme.

Beschüttet man eine Oberfläche mit feinem Staub Balmainscher Leuchtfarbe, so erscheint sie nach Belichtung im Dunkeln um so heller, in je größerer Verkürzung man sie betrachtet. Ein so bestäubter Zylinder erscheint an den Rändern am hellsten. Ähnliche Beobachtungen hat Rutherford mit dünnen radioaktiven Schichten gemacht.

Aus den Woodschen Beobachtungen scheint hervorzugehen, daß bei rein oberflächlicher Strahlung Lamberts Gesetz nicht gilt. Wo dies bei einer Oberfläche doch der Fall ist, muß man eine Schirmwirkung der einzelnen Teilchen gegen die von den Nachbartheilchen kommenden Strahlen annehmen. Bei durchsichtigen Körpern beruht die dem Lambertschen Gesetz folgende Erscheinung auf einer Brechung. Diese spielt wahrscheinlich auch bei einer glühenden Metalloberfläche eine Rolle, da auch hier Strahlen aus einer gewissen Tiefe kommen. Doch ist die Natur der von glühenden festen oder flüssigen Körpern kommenden Schwingungen noch zu wenig bekannt, als daß man bestimmt sagen könne, welche Prozesse für Lamberts Gesetz verantwortlich zu machen wären.

5. Eine Untersuchung der Interferenzfarben von Kaliumchloratkristallen führte Wood zu einer neuen Methode, um ultrarote Wellen zu isolieren (*Phil. Mag., Vol. 12, 67; 1906*). Die aus einer heißen gesättigten Lösung von Kaliumchlorat erhaltene Kristallmasse ergibt beim Zerbrechen zahlreiche dünne Blättchen, die die Eigenschaft haben, alles auffallende Licht von gewisser Farbe zu reflektieren, während der Rest des Spektrums durchgelassen wird. Die reflektierten Farben sind von großer spektraler Reinheit; die Breite eines Streifens ist bisweilen nicht größer als die Distanz zwischen den gelben Quecksilberlinien. Im durchgehenden Licht erscheinen die Blättchen oft prächtig gefärbt; das Absorptionsspektrum ist von einer oder mehreren scharfen und intensiv schwarzen Banden durchzogen. Nach Lord Rayleigh besteht die Eigentümlichkeit der Kristalle in dem Zusammenreffen einer großen Zahl von, den Oberflächen des Blättchens parallelen Zwillingsebenen, während die geringe Breite der reflektierten Streifen auf vielfachen Reflexionen wie bei einem Fabry-Perotschen Interferometer beruht. Zur genaueren Erklärung denkt sich Wood einen dünnen Film oder eine Anzahl paralleler dünner Films von gleicher Dicke *D*; bei normaler Inzidenz werden diese Licht reflektieren, dessen Wellenlängen bei Annahme keines Phasenverlustes durch die Gleichungen  $2D = 0, 2D = \lambda, 2D = 3\lambda, 2D = 4\lambda$  etc. bestimmt sind. Ist  $2D = 0,6 \mu$ , so wird der Film rotes und ultraviolettes Licht der Wellenlängen  $0,3$  und  $0,2 \mu$  reflektieren. Wenn aber  $2D$  gleich ist einer Wellenlänge des ultraroten Gebiets, z. B.  $= 1,2 \mu$ , so wird man im sichtbaren Gebiet mehr als eine reflektierte Farbe erhalten, und zwar werden Maxima eintreten bei den Wellenlängen  $0,6, 0,4, 0,3, 0,24 \mu$  u. s. w. So ein Film müßte purpurn erscheinen, da er rotes und violettes Licht reflektiert. Liegt die Farbe erster Ordnung bei  $2 \mu$ , so werden die höheren Ordnungen liegen bei  $1 \mu, 0,66 \mu, 0,50 \mu, 0,40 \mu$  u. s. w., und die Films werden scharfe Streifen im Rot, Grün und Violett reflektieren. Mißt man also die Wellenlängen der Streifen im sichtbaren und ultravioletten Spektrum, so kann man die Lage des Streifens erster Ordnung im Ultrarot berechnen.

Eine Anzahl von Blättchen wurden in Glyzerin zwischen zwei Quarzprismen gebracht, wodurch alles Licht mit Ausnahme des von äquidistanten Lamellen reflektierten eliminiert wurde. Die Farben erscheinen dann besonders gesättigt. Die Blättchen wurden dann gegen-



über dem Spalt eines kleinen Quarzspektrographen gebracht und so orientiert, daß sie das Licht eines Kadmiumfunken in das Instrument hineinwarfen. Der Verf. erhielt so eine Reihe von Spektren mit scharf ausgeprägten Linien, deren Wellenlängen genau gemessen wurden. Die daraus vorausbestimmten Streifen im Ultrarot wurden von A. H. Pfund aufgesucht. Das Licht einer Nernstlampe wurde von einem der purpurnen Blättchen in den Spalt eines Reflexionsspektrometers geworfen, das mit einem Steinsalzprisma und Radiometer versehen war. Dieses Blättchen zeigte einen scharfen Streifen im Rot bei der Wellenlänge  $0,6 \mu$ , einen im Violett bei  $0,4 \mu$  und andere im Ultraviolett. Der Streifen erster Ordnung sollte hiernach bei  $1,2 \mu$  gefunden werden. Das Radiometer gab bei Belichtung mit dem roten Streifen einen Ausschlag von einigen cm und kehrte auf Null zurück, als der Anfang des ultraroten Gebiets auf den Spalt fiel. Aber bei  $1 \mu$  erhielt man bereits einen großen Ausschlag; bei  $1,2 \mu$  ging die Skala aus dem Gesichtsfelde. Die aufgenommene Energiekurve bestätigte das Vorhandensein eines scharfen Streifens an der gesuchten Stelle. Ein Kristall, der rote, grüne und violette Streifen reflektiert ( $\lambda = 0,66, 0,5, 0,4$ ) würde zwei Maxima im Ultrarot ( $\lambda = 2 \mu$  u.  $1 \mu$ ) aufweisen.

6. Das Sehen unter Wasser und das Sehfeld eines Fischeauges (*Phil. Mag., Vol. 12, S. 159; 1906*). Einem im Wasser befindlichen, gegen dessen Oberfläche gerichteten Auge erscheint der Himmel zusammengedrängt in einen verhältnismäßig kleinen Lichtkreis, dessen Zentrum immer unmittelbar über dem Beobachter liegt; dieser erhält den Eindruck, als wenn der Teich mit einem dunkeln Dach bedeckt wäre, das mit einem kreisförmigen Fenster versehen ist. Wenn unsere Augen dem Sehen unter Wasser angepaßt wären, müßten Gegenstände in der Umgebung des Teiches, Bäume, Pferde, Fischer u. s. w., rund um den Rand dieses Lichtkreises sichtbar werden. Wenig über die Wasserfläche emporragende Gegenstände müßten etwas verkürzt und verzerrt erscheinen, doch würde das Kreisbild alles innerhalb eines Winkels von  $180^\circ$  nach allen Richtungen hin befindliche, d. h. eine ganze Halbkugel, in sich einschließen. Da unser Auge nicht fähig ist, dieses eigenartige Bild zu sehen, suchte Wood es photographisch aufzunehmen, indem er eine Kamera in Wasser tauchte. Der Apparat bestand aus einem Eimer, in dessen innerer Mitte eine Metallscheibe an einem Reifen angelötet war; in einer Öffnung der Mitte der Metallscheibe war eine Linse von kurzer Brennweite mit enger Blende befestigt. Die lichtempfindliche Platte lag auf dem Boden des Eimers, der im Dunkeln vollständig mit Wasser gefüllt wurde; zur Verhinderung von Wellen an der Oberfläche wurde eine das Wasser berührende Glasplatte herübergedeckt. Der Verf. erhielt so eine Anzahl Photographien, die das vorhin ausgeführte bestätigten. Eine andere Wasserkamera war so eingerichtet, daß man mit ihr auch in horizontaler Richtung photographieren konnte. Mit dieser erhielt man ein Bild der Umgebung, wie es einem Fischeauge an der Glaswand eines Aquariums erscheinen muß. Alle Gegenstände bis auf  $180^\circ$  hin sind dann zugleich sichtbar. Von einem Zimmer erhält man drei Seitenwände, die Decke und den Fußboden; bei zwei sich rechtwinklig kreuzenden Straßen erhält man ein Bild der drei Straßenzüge und zugleich den Boden und den Himmel vom Horizont zum Zenit; vom Luftballon aus erhält man ein Bild der ganzen Erdoberfläche nach allen Richtungen. Der Verf. hat seiner Abhandlung einige dieser merkwürdigen Aufnahmen beigefügt.

Schk.

**Der heutige Stand der Lehre von den Farbenempfindungen.** Eine richtige Theorie von den Farbenempfindungen kann erst durch das Zusammenwirken von Philosophen, Physikern, Physiologen, Anatomen und Ophthalmologen zustande kommen. Zuerst mußten die physikalischen Grundlagen sicher bekannt sein: das hat die Physik von Newton bis Helmholtz im wesentlichen geleistet. Wesentliche Lücken sind nicht mehr vorhanden. Young machte sodann den ersten Versuch, die Farbenempfindungen zu deuten, dessen wesentlichste Annahmen Helmholtz übernommen hat. Hier beginnen solche Probleme, die nicht mehr exakt gelöst werden können. Eine Reihe von Hilfswissenschaften müssen herangezogen werden, um einen sachlich und logisch hinlänglich gesicherten Bau von Hypothesen aufzuführen. Besonders erschwert wird eine völlig befriedigende Hypothese der Farbenempfindungen

durch unvermeidliche subjektive und von der Breite des normalen Sehens abweichende Momente. Die Nachbilder sowie die Erscheinungen der teilweisen oder völligen Farbenblindheit haben stets viel zu schaffen gemacht, und die Fähigkeit einer Theorie, jene zu umfassen und befriedigend zu deuten, ist von je — bereits Goethe schätzt dies hoch — als Prüfstein für den Wert einer Farbenempfindungs-Hypothese betrachtet worden. Auf dem Wege von Newton bis Helmholtz hat besonders das Komplementärfarbenproblem im Mittelpunkt des Interesses der Forscher gestanden, das eine wesentliche Förderung im Sinne richtiger Entscheidung durch die Beobachtung der subjektiven Nachbilder erhielt. Bereits Scherffer (1765) hat in seiner Abhandlung von den „zufälligen“ Farben unsere heutige Deutung gegeben (Ermüdung!), und Goethe hat ja die Erscheinungen in klassischer Weise beschrieben. Als man nun seit Fresnel die Wellenlängen besaß, war ein quantitatives Moment für die Beantwortung der Frage gegeben: welche Wellenlänge  $\lambda_2$  ist komplementär zu  $\lambda_1$ . Es beginnt die quantitative Behandlung des Problems. Lommel glaubte gefunden zu haben, daß die Differenz der reziproken Werte jener Wellenlängen konstant sei, während Helmholtz sowie König, Dieterici, v. Kries und Frey nach ihm das Produkt der um eine bestimmte Größe verminderten Wellenlängen konstant fanden, so daß das Bild einer gleichseitigen Hyperbel den Zusammenhang veranschaulichte. An den Enden des Spektrums stimmt die Sache jedoch nur unvollkommen. Die Farbentheoretiker haben immer wieder den Wunsch, das Spektrum zum Kreise zu schließen. So hat sich gezeigt, daß die Komplementärfarbe des spektralen Grün eine Mischfarbe aus den beiden Enden des Spektrums ist. Die Lichtstärkebestimmungen im Spektrum zeigen immer mehr, wie sehr die Beurteilung der relativen Helligkeiten von der absoluten Stärke der Gesamtbeleuchtung abhängt. Das Purkinjesche Phänomen bringt einen wesentlichen Punkt dieser Frage zum Ausdruck.

Nachdem man die Absorptionen im Augeninnern kennen gelernt hatte, mußte man die „retinale“ Energie von der „physischen“ unterscheiden. Jene trifft die Netzhaut, diese die Hornhaut des Auges. Mit dem Alter nimmt besonders im Violett die Absorption zu, wodurch offenbar ein gelblicher Farbenton resultiert. Ein „Gelblicher“-Werden der Linse ist Ursache davon. Die Absorption des gelben Fleckes kommt noch hinzu. Die Pigmentierung der Macula ist sehr verschieden. Vielleicht ist die „selektive“ Absorption in den Augenmedien Ursache der beiderseitigen Begrenzung der Lichtwahrnehmung am roten und blauen Ende.

Nach Young-Helmholtz sollte die gleichzeitige Erregung von drei auf der Netzhaut beginnenden Faserarten alle Erscheinungen der Farbenempfindungen erklären. Noch heute hat diese Theorie manche Anhänger, wenn auch die meisten Physiker und wohl fast alle Ophthalmologen und Physiologen die Heringsche Theorie der chemischen Dissimilation und Assimilation angenommen haben. Der eine oder andere Forscher hat auf Grund seiner oder seiner Schüler Messungen und Beobachtungen mehr oder weniger wesentliche Modifikationen an der ihm zusagenden Theorie angebracht. Das reelle Substrat existiert bis heute aber weder für die eine noch für die andere Hypothese. Man kennt und unterscheidet wohl Stäbchen und Zapfen der Netzhaut und hat sie sogar entwicklungsgeschichtlich gedeutet, man kennt aber keine gesonderten morphologisch oder mikroskopisch deutbaren Faserzüge. Man kennt wohl den durch Boll und Kühne berühmt gewordenen Sehpurpur und seine Bedeutung für die gesteigerte Lichtempfindlichkeit, aber nicht die von Hering angenommenen drei farbenempfindlichen Sehstoffe, die der rot-grünen, gelb-blauen und schwarz-weißen Valenz entsprechen sollen. Die beiden Haupttheorien nebst ihren modernen Modifikationen und Ergänzungen sind also nur geistreiche Versuche, eine Brücke vom Reiz bis zur Empfindung zu schlagen, um in das Psychische hinein zu gelangen, das fast lauter Rätsel noch heute bietet. Der Schritt von Empfindung zum Bewußtsein ist noch ganz dunkel.

Während wir bei Gehörsempfindungen wohl entscheiden können, ob wir einfache oder zusammengesetzte Klänge vor uns haben, ist das bei farbigen Empfindungen nicht der Fall; uns können Lichter von ganz verschiedener Zusammensetzung gleich erscheinen. Ja sogar zeitlich aufeinander folgende verschiedene Farben werden als eine empfunden (Mischungs-

und Flimmer-Photometer). Wir müssen daher zwischen farbigen Empfindungen und farbigen Lichtern unterscheiden. Der weißen Empfindung entspricht überhaupt kein einfaches Licht. Es ist mindestens aus zwei Lichtern zusammengesetzt. Die entsprechenden Bestimmungen hat Helmholtz zuerst gemacht. Die Farbenunterscheidung ist eine Sache der Übung, und es ist nicht ausgeschlossen, daß im Laufe geschichtlicher Entwicklung die begriffliche Farbdifferenzierung bereits gewachsen ist. Man hat zum Beweise dafür auf Homer zurückgegriffen. Die Siebenzahl bezw. Dreizahl hat zahlenmystischen Ursprung. In einigen Berufen bringen es Leute zu sehr feinen Unterscheidungen. Tabaksortierer legen dreißig und mehr Farben bei einer einzigen Sorte auseinander.

Die drei Erregungen, die auch Helmholtz annimmt, sollten auf photochemische, in besonderen Faserzellen gelagerte Substanzen wirken. Die Erscheinungen der Farbenblindheit erheischen aber besondere Annahmen. Namentlich die totale machte ihm so viel Schwierigkeit, daß H. sie in der 2. Aufl. seiner Optik gar nicht mehr erwähnte. Auch König und Dieterici setzten sich (1886) darüber hinweg, indem sie die totale Farbenblindheit wegen der sonstigen Symptome (z. B. Lichtscheu) als pathologisch außer Betracht ließen. Hering erkannte diese Schwäche und erörterte sie (1891). Nach ihm werden durch jede Lichtstrahlung etwa innerhalb der Wellenlängen 400 bis 800  $\mu$  gewisse, zunächst hypothetische Sehsubstanzen beeinflusst: die schwarz-weiße vor allen, sonst noch die rot-grüne und gelb-blaue, so daß jeder optische Reiz eine schwarz-weiße und ein oder zwei farbige Valenzen hat (gesättigte und ungesättigte Farben). Die erstere wird mit dem „dunkeladaptierten“ Auge gemessen, wobei dann die farbigen Valenzen jenseits der Schwelle liegen und unwirksam bleiben. Das ist nun aber, wie schon Hering bemerkt, gerade der Fall der Farbenblinden. Alle noch so absurden Farbenurteile der Farbenblinden (z. B. mit Wollproben) werden vom normalen, aber dunkeladaptierten und nur noch für Weißvalenzen zugänglichen Auge gerade so abgegeben. Hering schloß nun, daß die Reizschwelle der beiden farbigen Sehsubstanzen höher läge als die der Weißsubstanz.

Die Gegner mußten bei ihrer Nachprüfung Herings Ergebnisse bestätigen und suchten die Young-Helmholtzsche Hypothese den neuen Erfahrungen anzupassen. Sie mußten für die Weißempfindung ein besonderes Substrat annehmen, und dieses suchte v. Kries in den Stäbchen, König im Sehpurper. Beide hielten die Zapfen, die allein in der Netzhautgrube (gelber Fleck) vorkommen, für alleinige Vermittler der farbigen Empfindung. Ähnliches hatte schon der Netzhaut-Anatom Max Schultze 1866 ausgesprochen, der auch für die Netzhaut der Tag-Vögel farbige Kugeln in den Zapfen nachgewiesen hatte (nicht bei Enten). In entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht sind die Stäbchen frühere Elemente, während die Zapfen dem späteren Typus entsprechen. Kühne hat diese Annahmen bestätigt gefunden, auch König und v. Kries sprachen den Stäbchen die Empfindung nur schwacher Lichtreize (empfindliche chemische Reaktionsfähigkeit des Sehpurpers) zu, während bei größerer Helligkeit wegen zu starker Dissimilation des Sehpurpers nur noch der Zapfenapparat in Frage kommt. Die Grube enthält keinen Sehpurpur, aber allein die Zapfen. König fand durch Absorptionsbestimmungen, daß der Sehpurpur für die einzelnen Spektralfarben genau so absorbierte, wie es der Helligkeitsverteilung im dunkeladaptierten Auge entsprach. Das Helligkeitsmaximum ist ins Grüngelb verschoben (500  $\mu$ ), und die blaue Seite erscheint heller. Die Sehschärfe des normalen Auges ist nach v. Kries bei herabgesetzter Beleuchtung genau so vermindert wie bei Farbenblinden. Bei der totalen Farbenblindheit, schloß man nun, werden die Zapfen fehlen, so daß auch die höchste Sehschärfe fehlt. Auch das fand König bestätigt, und so war für die Anhänger der Young-Helmholtzschen Lehre der Ring geschlossen, ohne daß sie die Grundlagen derselben hätten aufzugeben brauchen (v. Graefes Archiv 1903: Prof. K. Grunert, „Über angeborene totale Farbenblindheit“).

J. Bernstein (*Nat. Rdsch.* 21., 1906) will die moderne Gehirnphysiologie mehr heranziehen und verwenden. Die von Hering angenommene Assimilierung (also Neubildung) soll physiologisch als Hemmung bestimmter Nervenfasern zum Ausdruck kommen. Dabei wird angenommen, daß im Laufe der Generationen eine stufenweise Entwicklung und Ver-

vollkommenheit des Organs stattgefunden habe. Dadurch sind die Nervenzentren immer mehr kompliziert worden, wie eine Telephonzentrale durch neue Anschlüsse und Umschalter. Die farben- und lichtempfindenden Elemente sind mit den zentralen durch je eine erregende und hemmende Faser verbunden, und sämtliche bisher beobachteten Tatsachen sollen sich aus zwei oder drei so angeordneten reagierenden Faserzügen erklären lassen. Auch hier liegt ein Vermittelungsversuch vor, um die verschiedenen Gegensätze bezüglich der Hauptpunkte auszugleichen.

Während früher die Anhänger der Young-Helmholtzschen Hypothese, ja Helmholtz selbst, der totalen Farbenblindheit ziemlich ratlos gegenüberstanden, sind diese heute nach weiterer Ausbildung und Anpassung der Stäbchentheorie gegenüber der Heringschen Theorie im Vorteil. Denn diese konnte die Begleiterscheinungen der Farbenblindheit aus dem Rahmen ihrer Ansichten heraus nicht erklären. Aus dem Fehlen der Farbsehstoffe konnte man den Defekt des zentralen Sehens und die Lichtscheu nicht erklären (Grunert a. a. O.). Diese charakteristischen Symptome können aber, wie heut die Sachen stehen, nicht mehr als zufällige betrachtet werden. Hering müßte seine Theorie dahin modifizieren, daß die beiden Farbsehstoffe nur den Zapfen zukommen, während die Stäbchen die Schwarz-Weiß-Substanz führen. Der Sebpurpur kann lediglich die Rolle eines Sensibilators spielen, um schwache Reize zur Wahrnehmung zu bringen und die Schwelle herabzusetzen. Wenn eine anatomische Untersuchung dieser Verhältnisse gelänge, so könnte über kurz oder lang eine endgültige Entscheidung bezüglich der Differenzpunkte beider Hypothesen getroffen werden. So kommt vorläufig in der älteren Theorie der physikalische, in der neueren der chemische Standpunkt mehr zur Geltung. Fraglos haben aber die neueren Untersuchungen eine Annäherung bewirkt. Die Trennung der chromatischen und der achromatischen Erregung (auch von Wundt und den Franzosen Charpentier und Parinaud angenommen), die Unterscheidung eines Dunkelapparates und eines Hellapparates ist den vorliegenden Tatsachen entsprechend fast allgemein anerkannt.

Im Physikunterricht werden wir gut tun, uns nicht für die eine oder andere Hypothese zu entscheiden, sondern ein non liquet auszusprechen, aber auch zu betonen, daß wir von der Kirchhoffschen Forderung, nämlich der einfachen Beschreibung von Tatsachen, hier noch sehr weit entfernt sind. Noch immer klafft die Lücke zwischen Reiz, Empfindung und Bewußtsein, wenn auch noch so viel geistreiche Deutung der zahllosen Versuche vorliegt. Es ist aber wichtig zu betonen, daß gerade die pathologische — auf Zapfenmangel beruhende — Farbenblindheit ein Band gewoben und eine gemeinsame Basis geschaffen hat für die beiden Haupttheorien der Farbenwahrnehmung, die Young-Helmholtzsche und die Heringsche. Hier nehme man Goethes Farbenlehre vor und überzeuge sich, wie der „Dichter und Seher“ trotz seiner dem Exakten so wenig zugetanen Weise intuitiv richtige Anschauungen hatte, deren Bedeutung uns zum Teil erst heute aufgegangen ist.

W. Grosse-Bremen.

### 3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

**Das Experiment im Altertum und Mittelalter.** Über diesen Gegenstand hat E. WIEDEMANN auf der letzten Jahresversammlung des Vereins zur Förd. d. Unt. in der Math. und den Naturw. einen Vortrag gehalten, der in den *Unterrichtsb. f. Math. u. Naturw. XII (1906), Nr. 4 bis 6* abgedruckt ist. Er hebt besonders die Verdienste der Araber um die Bewahrung und Weiterentwicklung der von den Alten überkommenen Kenntnisse hervor. Für eine richtige Beurteilung der Leistungen des Altertums komme in Betracht, daß weder die einfachsten mechanischen Begriffe noch auch die instrumentellen Hilfsmittel hinreichend ausgebildet waren. In letzterer Hinsicht wird erwähnt, daß erst die Araber mit ihrer „Wage der Weisheit“ bei 2,2 kg Belastung noch 0,06 g Gewichtsänderung nachweisen konnten. Auch sehr feine Längsteilungen und Kreisteilungen wurden erst von den Arabern ausgeführt (die Abbildung eines Ellipsenzirkels nach einer arabischen Handschrift ist dem Aufsatz

beigegeben). Genaue Instrumente zur Zeitmessung dagegen fehlten den Alten und ebenso auch den Arabern.

Was die Experimente betrifft, so ist zu unterscheiden zwischen solchen, die wirklich angestellt, und solchen, die nur der Phantasie entsprungen sind. In der Pneumatik des Heron sind nach Heiberg wahrscheinlich zwei Schriften zusammengearbeitet, von denen die ältere Versuche der ersten Art, die jüngere Versuche der zweiten Art enthält. Ferner aber sind die Experimente der Alten in verschiedene Klassen zu gruppieren, die in der folgenden Darstellung nacheinander zur Besprechung kommen.

Von Versuchen, die zur Auffindung oder Bestätigung einfacher Gesetze gedient haben, werden die auf den Hebel bezüglichen näher besprochen. Ungleicharmige Wagen sind schon bei den Hebräern benutzt worden und uns auch in Pompeji erhalten. Kenntnis der Gesetze vom Hebel und Schwerpunkt beweist die Konstruktion der Wagen bei den Arabern. Zahlreiche Versuche sind auch für die Begründung der Theorie der einfachen Maschinen angestellt worden; hierfür kommt namentlich ein Werk Herons, der Barhulkos, in Betracht, der jetzt in arabischem Text mit deutscher Übersetzung vorliegt. Von Experimenten geht auch das berühmte Werk des Archimedes über die schwimmenden Körper aus, wie namentlich aus dem Anfangstheorem des Werkes ersichtlich ist: „. . . Man sagt, daß ein Körper schwerer als ein anderer ist, oder daß eine Flüssigkeit schwerer als eine andere ist, falls, wenn man von jeder der beiden ein gleiches Volumen nimmt und sie wiegt, man findet, daß der eine schwerer als der andere ist . . .“ Auch bei den Untersuchungen über schwimmende Körper scheint Archimedes dem Verfasser von Experimenten ausgegangen zu sein, während er in der Darstellung den deduktiven Weg vorzieht. [Die bei dieser Gelegenheit erwähnte Methode Kirchoffs, daß ein Teil der im Gleichgewicht befindlichen Flüssigkeit fest werden kann, ohne daß das Gleichgewicht gestört wird, rührt bekanntermaßen von Stevin her.] — In der Akustik ist der gesetzmäßige Zusammenhang von Saitenlänge und Tonhöhe von der Pythagoräern sicher nur durch Beobachtung und Versuch gewonnen worden. [Unzutreffend ist aber, daß dem ausgehenden griechischen Altertum das Gesetz des Zusammenhangs von Schwingungszahlen und Saitenlängen bekannt gewesen sei, da erst Galilei in den Discorsi Tonhöhe und Schwingungszahl miteinander in Verbindung bringt, woran sich dann die grundlegenden Versuche von Mersenne anschließen.] — In der Optik sind zahlreiche messende Versuche über Reflexion und Brechung angestellt worden. Auch die Hebung einer Münze in einem mit Wasser gefüllten Gefäß ist schon im Altertum bekannt gewesen. Über die Lage des Brennpunkts bei Hohlspiegeln sind zahlreiche Mitteilungen erhalten, über die Zeuthen in seiner Schrift über die Kegelschnitte im Altertum nähere Untersuchungen angestellt hat. Ob die Alten paraboloidische Spiegel gekannt haben, ist zweifelhaft; die Herstellung von solchen hat erst Ibn al Haitam (Alhazen) auf das genaueste beschrieben und auch ihre Theorie auseinandergesetzt.

Beobachtungsergebnisse ohne Zusammenfassung zu einem allgemeinen Gesetz sind uns aus dem Altertum auf zwei Gebieten erhalten. Dies sind in der Astronomie die Positionen von ca. 1000 Fixsternen, die durch Ptolemäus überliefert sind, und denen die Araber zahlreiche neue Messungen hinzugefügt haben. In der Optik sind die Beziehungen zwischen Einfallswinkel und Brechungswinkel durch Ptolemäus und durch Ibn al Haitam festgestellt und in Tabellen niedergelegt worden. An der Hand dieser Tabellen wurde von dem letzteren auch der Gang des Lichts in einer Glaskugel verfolgt und die mathematische Darstellung zugleich experimentell geprüft.

Auch zur Prüfung theoretischer Anschauungen sind Versuche angestellt worden. So beweist der Araber Geber, daß der Magnetstein das Eisen durch eine „geistige Kraft“ anziehe, da sie auch durch die Dichte des Messings hindurchdringe. Viel erörtert worden ist das Problem, ob die Luft schwer sei. Aristoteles gibt an, daß ein aufgeblasener Schlauch schwerer sei als ein leerer, Ptolemäus findet ihn ein wenig leichter, Simplicius endlich in beiden Fällen gleich schwer. Beachtenswert sind auch die Darlegungen von Philoponus über den Fall der Körper, auf die Wohlwill neuerdings aufmerksam gemacht hat (vergl. d.

*Zeitschr. XIX 184*): ferner die Diskussionen über das Vakuum und die Körperlichkeit der Luft, die an Versuche bei Philon und Heron anknüpfen. Die zugrunde liegenden theoretischen Ansichten rühren nach Diels von dem Physiker Straton um 288 v. Chr. [nicht n. Chr., wie irrtümlich gedruckt ist] her. — Daß auch manchmal Theorien zu irrigen Erklärungen führen, obwohl die experimentellen Daten richtig sind, dafür gibt es ebenfalls Beispiele. So führen arabische Philosophen das Zersprengen von Flaschen durch gefrierendes Wasser darauf zurück, daß sich beim Frieren das Wasser zusammenziehe, und also ein Vakuum entstehen würde, dies aber nicht möglich sei.

Versuche qualitativer Art zur Weiterverfolgung und Variation einzelner beobachteter Phänomene sind in großer Mannigfaltigkeit namentlich an den Magneten und an die Pneumatik angeknüpft worden. In ersterer Hinsicht wurden auch über die Tragkraft der Magnete Versuche angestellt. In der Pneumatik wurden zahlreiche Spielereien ersonnen, so Kannen mit Scheidewänden, Schwimmern, Ventilen u. s. w., Springbrunnen, Feuerspritzen, Wasserorgeln (bei denen das Wasser zum Absperren eines Windkessels diente.) Von durch Wasser betriebenen Pfeifen sind der Abhandlung zwei Figuren beigegeben.

Zu Bestimmungen von Konstanten hat wohl zuerst die Praxis den Anstoß gegeben. So unterschied man mittels der Gewichtsverluste im Wasser unedle von edlen Metallen, ebenso unedle von edlen Steinen; die bereits von Al Beruni gefundenen Werte der Gewichte gleicher Volumina werden in einem Werk des Abu'l Fasl über Indien (Ende des 16. Jahrh.) mitgeteilt. Auch für den Metallguß war die Kenntnis spezifischer Gewichte erforderlich. Auf Grund des archimedischen Prinzips waren die folgenden Zahlen gefunden, die Al Beruni angibt: In Würfel von gleichem Volumen gebracht, ergibt Quecksilber das Gewicht 71, Zinn 38, Gold 100, Blei 59, Eisen 49, Bronze und Kupfer 45, Silber 54. Zu gleichem Zweck benutzt wurde auch die Verdrängungsmethode mit dem Pyknometer von Al Beruni (vergl. *d. Zeitschr. IV 257*) und das Aräometer. Die Araber kannten auch den Unterschied des spezifischen Gewichts von heißem und kaltem Wasser. — In dem Traktat *de ponderibus* aus dem 13. Jahrhundert kommt wohl zum ersten Mal der Ausdruck spezifisch schwer vor in der Wendung „*aeque gravia in specie corpora*“. Von quantitativen Versuchen über das Schwimmen und die Tiefe des Eintauchens berichtet auch Albertus Saxonicus (14. Jahrh.); die Verwendung der Wage zur Untersuchung von Metallen, Quellwassern u. s. w. beschreibt Nicolaus Cusanus (15. Jahrh.) in der Schrift *de staticis experimentis*, bei ihm findet sich auch zuerst die Bestimmung von Flächeninhalten durch Wägung, die man gewöhnlich Galilei zuschreibt, der sie für die Quadratur der Cycloide benutzt hat.

Mit den rein wissenschaftlichen Experimenten eng verknüpft sind die Arbeiten der eigentlichen Technik, deren Geschichte eine eigene Disziplin für sich bildet. Zahlreiche Versuche hängen mit technischen Problemen zusammen, so die zur Vervollkommnung von Ballisten und Katapulten, Brücken, Kanälen, Mühlen u. s. w. angestellten. Frontinus teilt z. B. in seiner Schrift *de aquae ductibus* Versuche über den Ausfluß des Wassers aus Gefäßen mit, wobei der Zusammenhang zwischen Ausflußöffnung, Wasserhöhe und Ausflußmenge untersucht wird. Der Verfasser bespricht eingehender die Einrichtung der Wasserrohren nach dem arabischen Werk des Ridwân und erläutert sie durch Wiedergabe von Originalfiguren. Ferner werden Abbildungen einer Windmühle und einer Wassermühle wiedergegeben und erläutert, die sich in der Kosmographie des Al Dimaschî finden. Auch über das Destillieren nach Vorschrift des großen Arztes und Alchemisten Al Râzî wird genauer berichtet und ein Destillationsofen für Rosenwasser aus der Gegend von Schiras ebenfalls nach der Kosmographie des Al Dimaschî abgebildet.

Der Verfasser schließt mit der Bemerkung, daß bei den Forschungen auf mathematischem und naturwissenschaftlichem Gebiet selbst die Namen derer, die Größtes geleistet haben, hinter dem Resultat zurücktreten. Das Resultat endloser Arbeit, rastlosen Nachdenkens und Experimentierens wird zuletzt in einen einfachen Satz zusammengefaßt, dem man von all jener Arbeit nichts mehr ansieht. Das Volk kennt die Namen der Dichter, nur wenige aber wissen etwas von den großen Forschern. Der naturwissenschaftliche Entdecker

und in noch höherem Grade der Techniker lebt fast nur in seinen Werken und in dem, was die Nachwelt auf seinen Ideen aufgebaut hat, weiter. Ihr Los ist dasselbe wie auch das der Lehrer. Beide müssen zufrieden sein in dem Gedanken, daß das, was sie gegeben, in der einen oder anderen Form der Nation und der Menschheit zum Segen gereicht. P.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Die Fortschritte der Schülerübungsfrage im vergangenen Jahr.** Es soll hier nicht berichtet werden über die neue, große Bewegung unter den amerikanischen Lehrern, die bestrebt sind, den physikalischen Unterricht umzugestalten, sondern über einige wichtige Abhandlungen, die über Schülerübungen in deutscher Sprache geschrieben worden sind.

BRUNO KOLBE behandelt in der *Beilage zum Bericht der St. Annenschule zu St. Petersburg über das Schuljahr 1905/1906* die „quantitativen (messenden) physikalischen Versuche an Mittelschulen“. Die großen Demonstrationsexperimente mit der Luftpumpe und der Elektriziermaschine wurden im 17. und 18. Jahrhundert ausgeführt, um eine höfische Gesellschaft wissenschaftlich anregend zu unterhalten, und fanden daher Eingang in die höheren Schulen, wo sie sogar bis in die Gegenwart hinein den Umfang der physikalischen Versuche bestimmten. Die in großem Maßstab ausgeführten Versuche von Davy, Faraday, Tyndall und anderen im 19. Jahrhundert dienten zur gemeinverständlichen Belchrung gebildeter Bürger und drangen mit der Ausbreitung des elektrischen Lichtes vielfach als Projektionsexperimente in die höheren Schulen ein, wobei leider nicht immer das richtige Maß eingehalten wurde. Das Aufblühen der physikalischen Institute an unseren Hochschulen und die damit verbundene gründlichere Fachausbildung der Physiklehrer zeitigte im letzten Menschenalter auf unseren höheren Schulen die quantitativen Experimente. Sie traten in zwei Hauptarten auf: das ältere quantitative Demonstrationsexperiment und der jüngere messende Schülerversuch. Bei den quantitativen Klassenexperimenten ist zuweilen die Grenze des Möglichen nicht ausreichend beachtet und damit eine berechtigte Ablehnung herausgefordert worden. KOLBE sucht daher an einigen Beispielen zu zeigen, daß es durchaus möglich und wünschenswert ist, quantitative Experimente in den Physikstunden vorzuführen. Seine Beispiele sind: 1. der Nachweis, daß die Luft ein Gewicht hat, 2. die Bestimmung der Dichte des Kohlendioxyds mit Hilfe des Archimedischen Prinzips nach dem Verfahren von Lommel, 3. der Nachweis der Ausdehnung von Metallstäben beim Erwärmen durch Projektion<sup>1)</sup>, 4. Die Bestimmung der Brennweiten von Linsen und 5. die Bestimmung des elektrischen Widerstandes. Eine Umfrage KOLBES bei einer Reihe hervorragender Physiker hatte das Ergebnis: Es wird anerkannt, daß messende Versuche gemacht werden müssen, doch gehen die Ansichten über die Auswahl und die Anzahl der Versuche weit auseinander. KOLBE schließt seine Untersuchung mit den Worten: „Nicht auf das Was sondern auf das Wie kommt es an. Innerhalb der durch die Vorbildung und die geistige Reife der Schüler gesteckten Grenzen sind alle quantitativen Versuche zulässig, soweit sie überhaupt in den Rahmen der Schulphysik passen.“ KOLBES Ansichten über die Stoffauswahl sowohl bei Klassenexperimenten als bei Schülerübungen dürften indes nicht allgemeine Zustimmung finden, ebenso seine Meinung, daß die subjektiv wahrnehmbaren Versuche im allgemeinen in die praktischen Übungen zu verweisen seien, denen er auch die Berechnung messender Versuche zuschiebt, die in der Klasse angestellt worden sind. Das ist kaum der richtige Gesichtspunkt, von dem aus man die Versuche auf Lehrer und Schüler angemessen verteilen kann. Ich selbst bin der Meinung (*Sonderheft I, 4 dieser Zeitschr. S. 20*), daß bei organischer Verbindung des Klassenunterrichts mit den Übungen die Versuche der Schüler im wesentlichen quantitativ und die des Lehrers in der Klasse im wesentlichen qualitativ sein sollten. Im natürlichen Verlauf seiner Untersuchung wird KOLBE vor die Frage gestellt: Sind praktische physikalische Schülerübungen

<sup>1)</sup> In Deutschland benutzt man zumeist nicht die Projektion, sondern die besseren Versuchsvorfahren von Merkelbach (*diese Zeitschr. 5, 232; 1892*) und Friedrich C. G. Müller (*diese Zeitschr. 9, 161; 1896*, und *Techn. d. phys. Unterr. 143*).

nötig? Er spricht sich im Einklang mit dem einstimmigen Beschluß, den der erste Kongreß der Petersburger Physiklehrer unter dem Vorsitz von Prof. O. Chwolson gefaßt hat, unter den bestehenden Schulverhältnissen Rußlands nur für die Einführung fakultativer Übungen aus. Er gibt den sehr klugen Rat, daß man klein anfangen und allmählich, aber stetig weitergehen solle, und teilt auch ein Verzeichnis einfacher Vorrichtungen für Schülerversuche mit. Im einzelnen sei bemerkt, daß sich nach den Erfahrungen, die am Dorotheenstädtischen Realgymnasium gemacht wurden, Versuche aus der Reibungselektrizität und die Anfertigung einfacher Apparate (abgesehen selbstverständlich vom Zusammensetzen fertiger Apparatenteile) nicht bewähren. Am Schluß seiner Schrift, die in trefflicher Weise den physikalischen Unterricht zum Wohl der Jugend vertiefen will, spricht sich KOLBE im Hinblick auf die beabsichtigte Umgestaltung der russischen Mittelschulen gegen eine Erweiterung des Programms aus, aber für die Normierung eines Minimums, das erreicht werden muß; zugleich wünscht er, daß dem Lehrer innerhalb gewisser Grenzen die individuelle Freiheit gewahrt werde.

In seinem Aufsatz „Praktisch-physikalische Schülerübungen an der Mittelschule (Vierteljahrsber. des Wiener Ver. zur Förderung des phys. u. chem. Unterr. 11, 49; 1906) berichtet Dr. NORBERT HERZ über die Erfahrungen, die er während drei Jahren mit fakultativen Übungen an der Franz Josefs-Realschule gemacht hat. Er ließ in der obersten (7.) Klasse folgende 21 Übungen ausführen: 1. Spez. Gewicht von festen Körpern mittels der hydrostatischen Wage, 2. spez. Gewicht von Flüssigkeiten mittels der hydrostatischen Wage und des Pyknometers, 3. Anfertigung von Aräometern, 4. spez. Gewicht der Luft, 5. Beobachtungen am Reversionspendel, 6. spez. Wärme von Messing und Quecksilber, 7. Vergleichung des Luftthermometers mit dem Quecksilberthermometer, 8. Schmelzwärme, 9. Ausdehnung fester Körper, 10. Ausdehnung von Flüssigkeiten mit dem Dilatometer, 11. Verdampfungswärme des Wassers, 12. Feuchtigkeitsgehalt der Luft mittels des Aspirators, 13. Bestimmung der Dampfdichte, 14. Bestimmung der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus, 15. Versuche mit dem Inklinatorium, 16. Bestimmung der Stromintensität mit der Tangentenbussole, dem Knallgas- und Silbervoltmeter, 17. Bestimmung von Drahtwiderständen mittels der Wheatstoneschen Brücke, 18. Bestimmung der elektromotorischen Kraft und des inneren Widerstandes, 19. photometrische Bestimmungen, 20. Bestimmungen von Linsenkrümmungen mit dem Sphärometer, 21. Bestimmung der Brechungsexponenten mit dem Spektrometer. HERZ hat auf diese Übungen große Arbeit und viel Zeit verwandt, und seine an sich schönen Erfolge würden das höchste Lob verdienen, wenn sie bereits vor einem Menschenalter erzielt worden wären. Die rein physikalischen Leistungen von HERZ muß man mit der größten Hochachtung rückhaltlos anerkennen, doch darf man nicht verhehlen, daß der methodische Wert seines Aufsatzes lediglich auf der immerhin auch heute noch nicht überflüssigen Bestätigung negativer Normen beruht, die man seit etwa zwei Jahrzehnten in mühevollen Versuchen bereits anderwärts gefunden hat. Seine Übungen sind im Grunde genommen ein verfrühtes Institutspraktikum; sie sind viel zu schwer, mit zu feinen und kostspieligen Vorrichtungen und zu großer Genauigkeit<sup>1)</sup> ausgeführt. Dem Verfasser ist dringend zu empfehlen, leichtere physikalische Übungen von jüngeren Schülern „in gleicher Front“ ausführen zu lassen. Er wird dann sicher sehen, daß viele Schwierigkeiten wegfallen, mit denen er bis jetzt ohne rechte Not zu kämpfen hatte. Recht lehrreich ist, daß HERZ bei vielen Versuchen die Ergebnisse seiner Schüler mitteilt. Jeder, der längere Zeit Übungen geleitet hat, vermutet sofort, daß ein Teil der Abweichungen nicht durch schlechte Messungen, sondern durch Rechenfehler verursacht worden ist. HERZ findet eine kleine Schwierigkeit darin, daß die Aufgaben aus der Optik etwas früher fallen, als er sie in den Schulstunden durchnehmen kann; anderen ist es im Gegenteil oft störend, wenn sie etwa wegen des Ausfallens einer Übungsstunde eine Aufgabe früher in der Klasse als im

<sup>1)</sup> Die Schüler haben z. B. die scheinbare Dichte des Korkes auf drei Stellen und die spezifischen Wärmen von Messing und Quecksilber sogar auf vier Stellen genau bestimmt.



Laboratorium behandeln müssen. HERZ erörtert auch die Frage, ob die physikalischen Übungen bei der Reifeprüfung zu berücksichtigen seien. Die Übungen werden sich am sichersten gesund und kräftig entwickeln, wenn sie von jeder überflüssigen Prüfung befreit bleiben.

Von hohem Wert sind die Leistungen der Hamburger auf dem Gebiet der Schülerübungen. Kein Wunder, steht doch an der Spitze des dortigen Schulwesens Prof. Dr. Brütt, ein Mann von tiefer Einsicht, unermüdlichem Eifer und durchgreifender Tatkraft, und verfügt doch diese Stadt über hervorragende Lehrkräfte, wie Dir. Thaer, Dir. Bohnert und Prof. Grimsehl. Die treffliche Arbeit von BOHNERT über *Physikalische Schülerübungen auf der Mittelstufe der Realanstalten* ist in dieser Zeitschr. (19, 186; 1906) bereits eingehend besprochen worden. Hier sei nur noch hervorgehoben, daß BOHNERT die Einführung solcher Übungen als den einzigen Weg bezeichnet, auf dem die Frage entschieden werden kann, ob und inwieweit diese Übungen nützlich sind. Diese durchaus richtige Behauptung verdient die größte Beachtung. Es sind während des vergangenen Jahres in Preußen mehrfach abfällige Urteile über die physikalischen Schülerübungen gefällt worden, alle aber von Schulmännern, die nie selbst Übungen angestellt haben; während alle, die je Übungen geleitet haben, sich stets günstig über dieses Unterrichtsverfahren ausgesprochen haben.

Eine hochwillkommene Bereicherung der Literatur über Schülerübungen bildet die kleine, aber inhaltreiche Schrift von E. GRIMSEHL, *Ausgewählte physikalische Schülerübungen*<sup>1)</sup>.

GRIMSEHL hat in Oberprima sehr eingehend Übungen aus der Wellenlehre des Lichtes anstellen lassen und eine Anzahl neuer Apparate auf diesem Gebiet konstruiert und in den Laboratoriumsstunden erprobt. Zwar lagen einige Vorarbeiten vor, wie z. B. G. Quincke, *Eine physikalische Werkstätte, 2. Abschnitt, Versuche aus der Optik*<sup>2)</sup>, diese Zeitschr. 7, 57; 1893, und H. O. G. Ellinger, *Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes*, diese Zeitschr. 16, 280; 1903, doch waren diese Messungen zunächst für den Hochschulunterricht bestimmt, während GRIMSEHLS Übungen und Apparate den Erfordernissen des Schulunterrichts vollkommen angepaßt sind. „Die Ergebnisse [Grimsehls] waren in doppelter Beziehung erfreulich, erstens nämlich insofern, als trotz der Einfachheit der Versuchsanordnungen die erhaltenen Beobachtungsergebnisse durchaus den an die Schule zu stellenden Anforderungen an Genauigkeit entsprachen, zweitens aber, und das ist das wichtigste Ergebnis, haben die Schüler von einer Übungsstunde zur andern mit stets wachsendem Interesse, mit einer gewissen Begeisterung gearbeitet; es ist gelungen, bei sämtlichen Schülern der Klasse ein starkes wissenschaftliches Interesse anzuregen.“

GRIMSEHL beschreibt folgende Übungen unter eingehenden Angaben über die Herstellung der ebenso sinnreichen wie einfachen Apparate: 1. Die Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes mittels Fresnel'scher Spiegel. 2. Die Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes durch Beugung an einem Draht. 3. Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes mittels der Newton'schen Ringe. 4. Messung des Krümmungsradius einer Konkavlinse auf optischem Wege. 5. Messung des Polarisationswinkels an Glasplatten. 6. Parallele Polarisatoren. 7. Gekreuzte Polarisatoren. 8. Der Polarisationsapparat. 9. Beobachtungen mit dem Polarisationsapparat. 10. Die Bestimmung der Polstärke einer magnetisierten Stricknadel. 11. Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus. 12. Messung der Oberflächenspannung. 13. Die Bestimmung der Brennweite einer Konkavlinse. 14. Bestimmung der Brennweite einer Konkavlinse. Mit den drei einfachen Verfahren zur Bestimmung der Wellenlänge des Lichtes, mit den Versuchen über die Polarisation und mit der Bestimmung der Polstärke und der Horizontalintensität hat GRIMSEHL empfindliche Lücken in den Übungsaufgaben in der prächtigsten Weise ausgefüllt.

Fürwahr, das Jahr 1906 ist der Ausdehnung der Schülerübungen in Deutschland recht günstig gewesen. Auch der preußische Staat hat sie zwar in aller Stille, aber mit Nachdruck gefördert. Zu Anfang des Jahres wurde in der Alten Urania, die unter der Leitung des

<sup>1)</sup> Leipzig, B. G. Teubner, 1906. M 0,80.

<sup>2)</sup> Es ist lebhaft zu bedauern, daß Herr Prof. Quincke diese wichtigen Veröffentlichungen nicht weiter fortgesetzt hat.

Herrn Geheimen Rats Dr. Vogel steht, das Laboratorium fertiggestellt, das zur Ausbildung von Lehrern in der Leitung von Schülerübungen dient, im Herbst wurden zum ersten Mal beim Berliner Ferienkursus besondere Übungen in Schülerversuchen veranstaltet und außerdem an einer ganzen Reihe von Königlichen höheren Schulen Schülerübungen eingerichtet. Reiche Saat ist ausgestreut, und man wird bald die goldenen Früchte reifen sehen und erkennen, ob die Samen an den Weg, auf den Fels, unter die Dornen oder auf gutes Land gefallen sind.

H. Hahn.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Physikalisches aus der Eisenbahntechnik.** Das 19. Jahrhundert wird, und mit Recht als eine Periode besonders intensiven Fortschrittes gepriesen, und man pflegt da hauptsächlich auf zwei Dinge hinzuweisen: die Einführung der Dampfkraft und die Ausbildung der Elektrotechnik; weit wichtiger ist aber ein Umstand, der sich auch schon in dem zweiten Punkte ausspricht, nämlich die Einführung wissenschaftlicher Methoden in die Technik, die bereits einen solchen Umfang erreicht hat, daß man richtiger nur von angewandter Physik spricht, aber nicht von einer im Gegensatze zur physikalischen Wissenschaft stehenden Technik. In nachstehendem soll einmal das Eisenbahnwesen unter diesem Gesichtspunkte betrachtet werden.

Das wichtigste Element im Eisenbahnwesen ist der Betriebsapparat, die Lokomotive; um ihrer Aufgabe als Zugorgan gerecht zu werden, muß sie genügend schwer sein, damit zwischen ihren Rädern und deren Unterlage genügende Reibung hervorgebracht wird: sie muß ein beträchtliches „Adhäsionsgewicht“ besitzen. Die Lokomotive läuft auf einer relativ glatten Bahn, dem Gleise; dieses ist aber aus einzelnen Stücken zusammengesetzt, zwischen denen ein geringer Zwischenraum gelassen werden muß, damit nicht bei Temperaturwechseln die Längenänderung der Schienen ein Lockern ihrer Befestigung oder eine Gleisverbiegung herbeiführt. Diese Lücken zwischen den Schienenenden, an den „Schienenstößen“ sind nun in zweierlei Hinsicht von Nachteil; zunächst veranlassen sie ein wenn auch geringes Einsinken des darüberrollenden Rades, und dieses wird, je schwerer die Lokomotive und je größer die Geschwindigkeit, mit um so größerer Wucht gegen die Ecke der in der Fahrtrichtung nächsten Schiene stoßen, wodurch einmal die Schiene wie auch das Rad stark beansprucht und abgenutzt werden, zweitens aber, da diese Schienenstöße sich in gleichen Abständen folgen, rhythmische Erschütterungen der Maschine verursacht werden. Nun ist diese, um Stöße für die arbeitenden Teile unwirksam zu machen, in Federn auf den Achsen aufgehängt, je nach der Spannung dieser Federn hat aber die auf ihnen ruhende Last eine bestimmte Eigenschwingung, und wenn die Geschwindigkeit und die Stoßabstände so sind, daß deren Passieren im Rhythmus dieser Eigenschwingung erfolgt, so gerät die Maschine in eine pendelartige Bewegung in der Ebene der Fahrtrichtung, sie beginnt zu „nicken“. Dieses Nicken nun wird um so stärker sein, je länger der Kessel über die erste und letzte Achse nach vorn und hinten hinausragt, läßt sich demnach vermindern durch Auseinanderziehen der Achsen; hier ergibt sich aber eine Schwierigkeit. Die Zugleistung der Maschine ist, gleiche Belastung der Achsen vorausgesetzt, um so besser, je mehr von diesen Achsen angetrieben werden, da das Adhäsionsgewicht der Maschine um so besser ausgenutzt wird; der Antriebsmechanismus erfordert einen bestimmten Längenraum, man kann also, wenn man z. B. eine zweiachsige Maschine hat, die hintere direkt antreiben, und die mit gleich großen Rädern versehene vordere von jener durch eine Kuppelstange antreiben lassen, aber wenn man die Achsen jetzt auseinander ziehen will, so ergibt das wieder Schwierigkeiten beim Durchfahren von Kurven, so daß man bei mehr als drei gekuppelten Achsen in den Kuppelstangen Gelenke anbringen und überdies eine der Achsen verschiebbar anordnen muß. Man kann jedoch das Nicken auch nach dem Prinzip der Dämpfung beheben, indem man die Maschinenenden durch nicht angetriebene „Lauf“-Achsen unterstützt, wodurch allerdings *cet. par.* das für die Zugleistung nutzbare Adhäsionsgewicht vermindert wird.

Außer durch die Schienenstöße können auch noch durch Unebenheiten der Schienen unregelmäßige Stöße beim raschen Fahren auftreten, welche ein Schwingen der Maschine in senkrechter Ebene quer zur Fahrtrichtung, ein „Pendeln“, verursachen, und dies ist ein scheinbar recht gefährlicher Umstand, insofern nämlich dadurch ein Unkippen herbeigeführt werden könnte. Es ist nämlich ein altbekannter Satz, daß die Lage eines Körpers um so stabiler ist, je tiefer sein Schwerpunkt liegt, und dies kommt bei der Lokomotive um so mehr in Frage, als die Basis in seitlicher Richtung sehr eng durch die Normalspur der Gleise begrenzt ist; man suchte deshalb den Schwerpunkt der Maschinen möglichst tief zu legen, stieß aber auch hierbei auf Schwierigkeiten, als man, um größere Leistungsfähigkeit zu erhalten, die Kessel zu vergrößern anfang, denn aus den vorher angegebenen Gründen konnte man dies durch Verlängerung allein nicht gut erreichen, und je größer man den Durchmesser eines Kessels macht, um so höher muß man letzteren legen, weil er zwischen den Rädern nicht mehr Platz findet. Man wußte dem angedeuteten Prinzip von der tiefen Lage des Schwerpunktes zu Liebe sich dadurch zu helfen, daß man den Kessel in zwei zylindrische Teile teilte, von denen der eine sehr tief zwischen den Rädern, der andere auf diesem gelagert wurde (FLAMAN-Kessel), doch ist die Lösung des Problems: wie kann man den Lokomotivkessel vergrößern ohne die Stabilität der Maschine zu beeinträchtigen? sehr einfach, weil nämlich die oben gekennzeichnete Annahme über die Bedeutung der Schwerpunktslage für die Lokomotive unzutreffend ist. Es handelt sich nämlich weniger um das „Kippen“ als vielmehr um das „Pendeln“ des auf den Achsenfedern aufgehängten Lokomotivkörpers, und dies erfolgt um einen durch die Federanordnung bedingten Punkt, nicht um den Systemschwerpunkt; die Schwingungsdauer ist um so größer, je höher die schwerlastenden Teile wie der Kessel liegen, und der Einfluß störender Kräfte wächst stärker als proportional der Länge dieses umgekehrten Pendels, das Moment kippender Kräfte dagegen, z. B. eines Seitenwindes, wächst einfach proportional dem Aufsteigen des Gesamtschwerpunktes; man kann also bei relativ geringer Höherlegung des Kessels die Eigenschwingungsdauer ohne nennenswerte Vergrößerung der Kippgefahr wesentlich vergrößern und bekommt damit eine sehr wenig pendelnde Maschine.

Außer den genannten äußeren treten aber auch innere, den ruhigen Gang der Maschinen störende Kräfte auf, wir haben ja in dem Antriebsmechanismus in der Fahrtrichtung hin- und hergehende Teile, und um ein stets sicheres Anfahren zu ermöglichen, sind die beiden Kurbeln gegeneinander um  $90^\circ$  versetzt. Es ist klar, daß die Kraftäußerungen des Dampfes im Zylinder dessen Lage gemäß störend wirken müssen, denn wenn der Kolben rückwärts getrieben wird, wobei er an dem Triebade einen Widerstand findet, wird der Zylinder vorwärts getrieben und die Verbindung zwischen Triebade und Zylinder, der ja am Rahmen befestigt ist, ist nachgiebig; so wird ein wagerechtes Hin- und Herschwingen, ein „Schlingern“, der Maschine eintreten. Man kann hiergegen in der Weise einschreiten, daß man drei oder vier Zylinder anordnet, zwei außerhalb und zwei innerhalb des Rahmens, und die äußeren Kurbeln gleich, die inneren unter sich ebenfalls gleichstehenden um  $90^\circ$  gegen jene versetzt anordnet, denn in diesem Falle können keine Drehmomente auftreten.

Die Lokomotive unterliegt also beim Fahren Kräften, deren Wirkungen sich in recht verwickelter Weise zusammensetzen, da die Schwingungsperioden im allgemeinen sehr verschieden und nicht kommensurabel sein werden. Sehen wir nun, wie man dem Rechnung zu tragen gelernt hat.

STEPHENSONS berühmte Preislokomotive „Rocket“ vom Jahre 1828 war zweiachsig und ist, da nur eine Achse angetrieben wurde, als  $\frac{1}{2}$  gekuppelt zu bezeichnen; bald baute man jedoch  $\frac{1}{3}$  gekuppelte Maschinen, bei denen man nur je ein sehr großes Treibrad verwandte und die Treibachse zur hintersten Achse machte. Diese Treibradvergrößerung diente der Geschwindigkeitsvergrößerung, denn bei gleichen Zylinderabmessungen und gleichem Dampfverbrauch in der Zeiteinheit, d. h. gleicher Kurbelumdrehungszahl, war der zurückgelegte Weg dem größeren Radumfang entsprechend größer, die Zugleistung jedoch wegen des ungünstigeren Verhältnisses Kurbelhub : Raddurchmesser kleiner. LOCH & STEPHENSON bauten

nun schon 1830  $\frac{3}{3}$  gekuppelte Maschinen mit drei Paar gleich großen Treibrädern, die durch Zahnräder und Gliederkette miteinander gekuppelt waren; man ist aber dann zur allgemeinen Anwendung von Kuppelstangen übergegangen, lange Zeit waren  $\frac{2}{3}$ -Maschinen die häufigste Form. Nun kann man eine Kraft in beliebige parallele Kräfte zerlegen oder, dies auf die Lokomotive angewandt, die Last auf die Achsen beliebig verteilen, so daß die Hauptlast auf die Treibachsen entfällt; daraus ergibt sich die Möglichkeit eines weiteren Vorschiebens der vorderen Laufachse, statt deren man in neuerer Zeit nach amerikanischem Vorbilde meist ein zweiachsiges Drehgestell verwendet. Man kann nun den Achsdruck mit Rücksicht auf die Festigkeit des Materiales, vor allem der Schienen, nicht beliebig hoch machen, im Maximum etwa 19 t; wenn man also sehr hohe Zugleistungen erzielen will, muß man die Zahl der angetriebenen Achsen vermehren, gleichzeitig aber auch das Maschinengewicht; dies hat zu den sogen. „Tenderlokomotiven“ geführt, welche den gesamten Vorrat an Feuerungsmaterial und Wasser in eigens dazu ihnen aufgebauten Behältern mit sich führen, und man hat z. B. solche  $\frac{6}{6}$ -Maschinen für die Gotthardbahn gebaut, die jedoch zwei  $\frac{3}{3}$ -Triebwerke besitzen.

Wie ersichtlich, ist die Vergrößerung der Treibräder allein kein ausreichendes Mittel, die Leistung der Lokomotive namentlich hinsichtlich der Schnelligkeit zu erhöhen; man muß, wenn die Zugleistung dieselbe bleiben soll, d. h. das Gewicht des zu befördernden Zuges, außer dem Rade auch den Zylinderdurchmesser vergrößern und endlich auch noch die Umdrehungsgeschwindigkeit vergrößern. Große Geschwindigkeit hat aber mit größerem Zylindervolumen und höherer Umdrehungszahl auch größeren Dampfverbrauch im Gefolge, eine Schnellzugmaschine muß deshalb, abgesehen von großen Treibrädern einen geräumigen Kessel mit großer Feuerungsfläche haben; ist der Kessel zu klein, die Feuerfläche unzureichend, so sind, namentlich wenn der zugehörige besondere „Schlepp“-Tender kein großes Fassungsvermögen hat, die Leistungen der Maschine, namentlich was die mit einmaliger Füllung zu durchlaufende Strecke anbelangt, minderwertig. Veranlaßt durch die erfolgreichen Versuche der Studiengesellschaft für elektrische Schnellfahrten hat nun die Staats-Eisenbahnverwaltung bei HENSCHEL & SOHN in Kassel eine eigene Maschine für hohe Fahrgeschwindigkeiten bauen lassen (nach den Plänen des Geh. Baurats WITTFELD), welche ganz und gar vom Herkömmlichen abweicht. Die Maschine ist 11 m lang, der Tender 9 m; die Lokomotive ist  $\frac{2}{6}$  gekuppelt und besitzt vorn und hinten je ein Drehgestell. Zwecks Vermeidung des „Schlingerns“ ist ein Dampfzylinder, der auf die erste Treibachse wirkt, mittlings, die beiden anderen auf die zweite Achse wirkenden mit unter sich gleicher Kurbelstellung außenliegend angeordnet. Die Heizfläche einschließlich der der Siederöhre beträgt 257 qm, das Dienstgewicht 79 t, die Ladefähigkeit des Tenders 20 cbm Wasser und 7000 kg Kohle; Maschine und Tender sind vollständig wagenähnlich überdacht, und aus dieser Überdachung ragt nur der Schlot um etwa 40 cm empor. Diese Lokomotive, eigens für Schnellfahrten gebaut, hat bei eingehenden Versuchen mit drei D-Zugwagen von insgesamt 120 t Gewicht eine Geschwindigkeit von 120 km in der Stunde erreicht, es hat sich jedoch ihre Heizfläche als zu klein erwiesen. Dagegen haben Versuche mit normalen  $\frac{2}{4}$ -Schnellzugmaschinen, bei denen man im Interesse besserer Ausnutzung des Heizmateriales und größerer Ökonomie von der Dampfüberhitzung Gebrauch macht, indem man den Dampf in einem Röhrensystem in der Rauchkammer durch die Abgase bis auf über 300° erhitzt, das Ergebnis gehabt, daß solche Maschinen bei 54,5 t Dienstgewicht 220 t Zuggewicht (6 D-Wagen) mit maximal 128 km Geschwindigkeit zu befördern vermögen, und zwar bei 9½ Minuten Anfahrzeit, und daß sie mit drei Wagen (120 t) eine Geschwindigkeit von 135 km in 6 Minuten erreichten. Wie gewaltig die Fortschritte auf diesem Gebiete sind, erhellt aus einem Vergleich dieser Zahlen mit den entsprechenden für STEPHENSONS Preislokomotive „Rocket“ vom Jahre 1828, welche bei einem Dienstgewicht von 4,5 t einen Zug von 12,75 t mit 25,8 km stündlicher Geschwindigkeit zu schleppen vermochte, und man erkennt wie man durch Beachtung der physikalischen Verhältnisse schneller und sicherer zu brauchbaren Erfolgen gelangt als durch Tasten und Probieren.

*Biegou von Czudnochowski.*

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Philosophie und Naturwissenschaft.** Von Dr. J. W. Camerer. 158 S. mit 1 Doppeltafel und 2 Abbildungen. M 2,—, fein geb. M 3,—; Vorzugspreis für Kosmos-Mitglieder M 1,25, geb. M 1,75. Verlag des Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde (Geschäftsstelle: Franckhsche Verlags-handlung, Stuttgart).

Das Büchlein nimmt innerhalb der so breit angeschwollenen Literatur der jüngsten Jahre aus dem Grenzgebiete der Philosophie und Naturwissenschaft insofern eine besondere Stellung ein, als diesmal ein Naturforscher es nicht unternimmt, sich selber das ihm nötig und richtig scheinende Stück Philosophie zurecht zu machen, sondern das seinem besonderen Zweck Entsprechende der durch die Philosophen schon getanen Arbeit selbst entnimmt. Er urteilt über jene anderen Unternehmungen „vieler Naturforscher, die philosophische Bearbeitung ihres Versuchsmaterials als Auto-didakten ganz in die eigene Hand zu nehmen, sich nur auf ihren gesunden Menschenverstand verlassend,“ mit dem derben Spruche Goethes: „Das heißt, wenn ich ihn recht verstand, Ich bin ein Narr auf eigene Hand“. — Von den drei Abschnitten: A. Geschichte der Philosophie für den Naturforscher, B. Das Seelenleben des Menschen im Lichte der heutigen Naturwissenschaft, C. Die exakten Wissenschaften oder die Lehre von Kraft und Stoff in ihrer jetzigen Entwicklung, nimmt A. gerade die Hälfte des Büchleins ein; und es nennt der Verfasser als seine sekundären Quellen Schwegler, Zeller und Windelband. Die Nachsicht, um die der Verfasser deshalb bittet, muß angesichts mancher Ungenauigkeiten in der rein historischen Darstellung (z. B. auch in der der Lehre Kants, die für den Verfasser den Höhepunkt der Entwicklung darstellt) geübt werden. Und es sei hinzugefügt, daß, wenn ein für Naturwissenschaft interessierter Laie seine erste philosophische Schulung, wie hier vorausgesetzt, sogleich aus einer möglichst kurzgefaßten Geschichte der Philosophie gewinnen will, dieses auch auf alle didaktischen Bedenken stößt, die innerhalb der „Propädeutikfrage“ längst zur Erörterung gekommen sind. — Im Abschnitt B lehnt der Verf. sogleich den groben Materialismus ab; sein Mittelweg aber müßte einwandfreier formuliert werden als in den beiden einander widersprechenden Sätzen, „daß das Seelenleben nicht nur im allgemeinen, sondern bis ins einzelste hinein unzertrennbar an das Nervensystem gebunden ist“ — und: „Wer behaupten wollte, daß die individuelle Geistestätigkeit des einzelnen Menschen mit seinem Tode und dem Untergange seines Hirns unfehlbar und spurlos verlöschen müsse, würde das Gebiet der Erfahrung und damit das der exakten Wissenschaft verlassen“. So entspricht z. B. auch die Formulierung des Fechnerschen Logarithmengesetzes nicht ganz der neuesten (relationstheoretischen) Deutung dieses Gesetzes. — Auch im Abschnitte C wird manches, so des Verf. Versuch einer „Lösung des Rätsels von der Schwerkraft (einer „Hauptaufgabe der heutigen Naturphilosophie“), von dem der Verf. „erst später erfuhr, daß er sich auf Le Sage und Isenkraths Lätte berufen können“, nicht ohne fachwissenschaftliche Einwendungen bleiben. Dennoch wird ein Leser, der sich erst aus diesem Büchlein mit den heute auch in Laienkreisen meist genannten physikalischen Begriffen bekannt machen will, eine bei weitem reinlichere Belehrung finden, als z. B. die Millionen Leser von Haeckels „Welträtseln“.

A. Höfler.

**Erkenntnis und Irrtum.** Skizzen zur Psychologie der Forschung. Von Ernst Mach, em. Professor an der Universität Wien. Zweite durchgesehene Auflage. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1906. 474 S. M 10,—, geb. M 11,—.

Es ist ein erfreulicher Beweis für das vorhandene Interesse an methodologischer Betrachtung, daß das wertvolle Buch so schnell eine zweite Auflage erlebt hat. Diese unterscheidet sich von der ersten nur unwesentlich, insbesondere sind Hinweise auf einige Schriften verwandten Inhalts in Anmerkungen hinzugefügt. Unter diesen Schriften ist besonders bemerkenswert das Werk von Duhem, *La théorie physique, son objet et sa structure* (1906), das in den Ergebnissen mit denen Machs zusammentrifft. Während Mach in seinem Buche hauptsächlich die Unterschiede des vulgären und des wissenschaftlichen Denkens hervorhebt, beleuchtet Duhem besonders „die Unterschiede des vulgären und des kritisch-physikalischen Beobachtens und Denkens“, beide Werke ergänzen sich daher auch auf das glücklichste.

P.

**Lehrbuch der Physik.** Zum Gebrauche bei akademischen Vorlesungen. Von H. A. LORENTZ, Professor an der Universität Leiden. Nach der 4. Auflage unter Mitwirkung des Verfassers aus dem Holländischen übersetzt von G. Siebert. I. Band. Mit 236 Abbildungen. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1906. M 8,—, geb. M 9,—.

Das Buch ist aus Vorlesungen über Elementarphysik, die vorwiegend für Mediziner bestimmt waren, hervorgegangen. Bei diesen Vorlesungen ist vorausgesetzt, daß der Leser auch experimentelle

Vorlesungen hört und womöglich sich an praktischen Übungen beteiligt. In dem Buche überwiegt daher das Allgemeine und Gedankliche, und man muß sagen, daß sein Inhalt den Medizinern weit mehr zumutet, als man ihnen in Deutschland zuzumuten pflegt. Von deutschen Büchern kommt das Buch dem Rieckeschen am nächsten, obwohl es nicht so weit in der Anschaulichmachung des Inhalts der theoretischen Forschung geht wie dieses. Der vorliegende erste Band enthält nach einer mathematischen Einleitung (S. 1—62), die ähnlich dem mathematischen Anhang in Höflers Physik gestaltet ist, folgende Kapitel: Bewegung und Kräfte; Arbeit und Energie; Feste Körper von unveränderlicher Form; Gleichgewicht und Bewegung von Flüssigkeiten und Gasen; Eigenschaften der Gase; Thermodynamische Betrachtungen; Eigenschaften fester Körper; Eigenschaften von Flüssigkeiten und Dämpfen. Man erkennt aus dieser Übersicht schon, daß der Verfasser das alte Einteilungsschema verlassen hat; auch werden Teile der Wärmelehre unter „Arbeit und Energie“, andre unter „Eigenschaften der Gase“, Teile des Magnetismus bereits im 3. Kapitel der Mechanik behandelt. Wenn schon der Stoff meist das in Lehrbüchern Übliche bringt, findet man doch zahlreiche Bemerkungen des scharfsinnigen Verfassers, die zum Nachdenken anregen, so gelegentlich der Aktion und Reaktion, der Verminderung der Schwere durch die Achsendrehung der Erde u. a. m. Besonders beachtenswert sind die Betrachtungen zur Theorie der Wärmevergänge.

P.

**Schülerverbindungen und Schülervereine.** Erfahrungen, Studien und Gedanken von Dr. Max Nath, Direktor des Königl. Realgymnasiums zu Nordhausen a. H. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. 136 S. M 2,60.

Der Verfasser erkennt in den Schülervereinen ein wirksames Mittel, unsere Schüler gegen das Gift der Schülerverbindungen immun zu machen. Das Buch ist namentlich auch naturwissenschaftlichen Fachkollegen an Gymnasien zur Beachtung zu empfehlen, da immerhin durch solche Vereine an naturwissenschaftlichen Kenntnissen den dafür interessierten Schülern manches zugeführt werden kann, was ihnen andernfalls bei der heutigen Verfassung der Gymnasien vorenthalten bleiben muß.

P.

**Leitfaden der Physik** von Dr. JACOB HEUSSI. 16. Auflage. Mit 199 in den Text gedruckten Holzschnitten. Neu bearbeitet von Dr. E. Götting, Professor am Kgl. Gymnasium zu Göttingen. 139 S. Nebst Anhang „Elemente der Chemie“, 42 S. und 38 Fig. Berlin, Otto Salle, 1906. M 1,80.

Der Leitfaden ist teils für die Unterstufe höherer Lehranstalten, teils für solche Anstalten bestimmt, die den physikalischen Lehrstoff nur in einem Kursus ohne mathematische Begründung behandeln. Daraus ergeben sich für die Auswahl des Stoffes gewisse Schwierigkeiten, die auch in diesem Leitfaden nicht ganz überwunden sind. Die neue Bearbeitung baut in methodischer Hinsicht auf den gesunden Grundsätzen weiter, die den ersten Verfasser geleitet haben, und berücksichtigt in ausgedehntem Maße die didaktischen Fortschritte der neueren Zeit. So ist die Fallrinne an die Stelle der Fallmaschine gesetzt, der Begriff der Wärmemenge klar entwickelt, der Elektrizitätsgrad in die Grundlegung der Elektrizitätslehre eingeführt worden u. a. m. Die Abnahme des Elektrizitätsgrades bei strömender Elektrizität dürfte wohl schon über die dem Buch zu steckenden Grenzen hinausgehen, ebenso die Definition der Stromstärke durch die den Draht in 1 Sek. durchfließende Elektrizitätsmenge. Die „Elemente der Chemie“ sind auf den Unterricht in der Gymnasialuntersekunda berechnet und enthalten ein reichliches Material in teils methodischer, teils systematischer Behandlung. Im einzelnen sei bemerkt, daß sich die Darstellung von Sauerstoff aus Kaliumchlorat heut nicht mehr empfiehlt, da man Sauerstoff in Stahlzylindern jederzeit zur Verfügung haben kann, und daß die Elektrolyse des Wassers doch aus den chemischen Grundversuchen verschwinden sollte. Die Figuren sind beträchtlich vermehrt und zumeist recht gut ausgeführt; der Text ist teils in großem, teils in kleinem Druck gegeben, der letztere genügt den heutigen hygienischen Anforderungen nicht mehr und bedarf bei der nächsten Auflage einer Verbesserung.

P.

**Elektrische Gesundheits-Schädigungen am Telephon.** Von Dr. H. Kurella. (Zwanglose Abhandlungen a. d. Geb. d. Elektrotherapie und Radiologie u. s. w., Heft 5.) Leipzig, J. A. Barth, 1905. 59 S. Geh. M 1,50.

Verf. behandelt hierin an der Hand von Krankengeschichten und Versuchen auf Grund eigener Erfahrungen wie anderer einschlägiger Veröffentlichungen die Einwirkungen elektrischer Starkströme auf den menschlichen Organismus, die ja am häufigsten im Fernsprechtbetriebe auftreten. Mit Rücksicht darauf, daß die Verwendung von Starkströmen in Unterrichtsanstalten z. Z. bereits eine große Ausdehnung erlangt hat, demnach auch in solchen vielfach die Möglichkeit gegeben ist, daß Personen Starkstromschläge erhalten, ist die vorliegende Schrift der Beachtung der Leser dieser Zeitschrift zu empfehlen.

W. Biegou von Czudnochowski.

Physikalische Kristallographie und Einleitung in die kristallographische Kenntnis der wichtigsten Substanzen. Von P. Groth. Vierte, neu bearbeitete Auflage. Mit 750 Abbild. und 3 Buntdrucktafeln. Leipzig, W. Engelmann, 1905. XIV u. 820 S. M 19,—, geb. M 22,—.

Das vorliegende Werk, dessen frühere Auflagen in dieser Zeitschrift noch nicht besprochen worden sind, ist bereits so rühmlich bekannt, daß wir auf eine eingehendere Kennzeichnung hier verzichten dürfen. Das Buch gliedert sich in die drei Hauptabteilungen: I. allgemeine physikalische Kristallographie, in der die Eigenschaften der Kristalle behandelt werden, II. die spezielle physikalische Kristallographie, d. i. die systematische Beschreibung der Kristalle, III. die Methoden zur Untersuchung der Kristalle, in der u. a. auch die neueren bezüglichen Apparate, z. B. das Abbesche Kristallrefraktometer, nach Theorie und praktischer Anwendung genauer beschrieben sind. — In der neuen Ausgabe sind umfangreiche Verbesserungen vorgenommen worden, doch war der Verfasser bestrebt, den Charakter des Werkes als den eines „elementaren Lehrbuches der Kristallphysik“ zu wahren. Insbesondere wurden neu bearbeitet die Abschnitte über die systematische Ableitung der Kristallformen, ferner die über homogene Deformationen und über Kohäsion und über die Auflösung und das Wachstum der Kristalle. Hinsichtlich der Kristallformen gelangt der Verfasser zur Aufstellung von 32 Symmetrieklassen, von denen auf das triklin System 2, das monokline 3, das rhombische 3, das tetragonale 7, das trigonale 7, das hexagonale 5, das kubische 5 entfallen. Das Grothsche Werk ist vorzüglich geeignet, in die Kristallphysik einzuführen, und gibt über alle Fragen der Kristallkunde, wie sie sowohl im physikalischen wie auch im chemischen Unterricht gelegentlich auftreten, gediegenste Auskunft. Auf die künstlerisch ausgeführten polychromen Figuren der Doppeltafel II (Interferenzbilder) sei noch besonders aufmerksam gemacht. Die Anschaffung des Werkes besonders für die Bibliotheken der Realanstalten ist angelegentlich zu empfehlen.

O. Ohmann.

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer, Braunschweig. XV. Jahrgang 1905. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1906. XII u. 595 S. Geb. M 15,—.

Mit gewohnter Pünktlichkeit erscheint wiederum zum Jahresschluß der neue Band des Jahrbuches, der in bewährter Gruppierung (vgl. einzelne frühere Besprechungen in ds. Zeitschr., z. B. XV 53) eine erstaunliche Fülle von Stoff bietet. Für den Unterricht sei, neben verschiedenen technologischen Fächern, besonders auf die Abschnitte „Physikalische Chemie“, „Anorganische Chemie“ (bearbeitet von Prof. K. A. Hofmann, an Stelle von Prof. Werner) und „Physiologische Chemie“ hingewiesen. Insbesondere in dem zweitgenannten Abschnitt findet man eine große Reihe wertvoller Konstanten von chemischen Elementen, wie sie den neuesten Forschungsergebnissen entsprechen (z. B. über das neu untersuchte Tantal sowie über den Wasserstoff, von dem das Litergewicht in flüssigem Zustande bei 20,5° T zu 69,69216 g, in festem Zustande bei 13,1° T zu 75,97138 g neu bestimmt wurde). Das Jahrbuch sei von neuem zur Anschaffung, mindestens für die Anstaltsbibliotheken, warm empfohlen.

O. Ohmann.

Anleitung zum analytischen Arbeiten in Anlehnung an die von Prof. Finkener für den Laboratoriumsunterricht eingeführten Methoden zum Gebrauch im chemischen Laboratorium der Königlichen Bergakademie zu Berlin herausgegeben von Prof. Dr. Stavenhagen, Dr. Wölbling und Dr. Winter. Berlin, H. W. Müller, 1906. 89 S. Geb. M 2,—.

Das Buch bewegt sich in den altbewährten Bahnen, indem im I. Abschnitt „Anleitung zum qualitativen Arbeiten“ zunächst die wichtigsten Reaktionen erläutert werden — wobei vom Platin ohne Vermittlung zum Chlorwasserstoff übergegangen wird — und dann die eigentliche Analyse behandelt wird. Bemerkenswert ist, daß gleich im Anfang von der Ionenanschauung, gewissermaßen als der geltenden Auffassung, ausgegangen wird, wenn auch weiterhin die Vorgänge weniger im Lichte der neuen Theorie erörtert werden. Ein II. Abschnitt gibt eine „Anleitung zum quantitativen Arbeiten“, wobei auch das Prinzip der quantitativen Analyse durch Elektrolyse an einem Beispiel erläutert wird. Die quantitativen Bestimmungen werden an 28 Übungsbeispielen, die mehrfach Mineralien betreffen, bis zur Eisenanalyse, Hochofenschlacken- und Silikatanalyse fortgeführt. Am Schluß befinden sich noch 7 kleine Tabellen für den Gang der Analyse. Das Buch zeichnet sich durch Übersichtlichkeit und Einfachheit aus und verdient auch von seiten des Mittelschulunterrichts Beachtung.

O. Ohmann.

## Versammlungen und Vereine.

### 78. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Stuttgart.

16. bis 22. September 1906.

#### II. Verhandlungen der Abteilung für Physik.

1. Sitzung vom 17. September. — O. LEHMANN-Karlsruhe, „Die Gestaltungskraft fließender Kristalle“. Besonders die Untersuchungen des Vortragenden haben eine große Anzahl von Substanzen kennen gelehrt, welche weich, fließend, gleichwohl aber nicht den gewöhnlichen Flüssigkeiten ähnlich beschaffen, sondern optisch anisotrop sind, d. h. optisch sich wie Kristalle verhalten. Die Bezeichnung solcher Körper als „fließende“ oder „flüssige Kristalle“ ist völlig gerechtfertigt dadurch, daß es in neuester Zeit gelungen ist auch solche aufzufinden, welche selbst flüssig in einer anderen Flüssigkeit befindlich wahre geometrische Kristallform mit Ecken und Kanten annehmen, und es muß solchen Kristallen eine besondere Eigenschaft in Gestalt einer besonderen Kraft zugeschrieben werden, welche die regelmäßig geometrische an Stelle der aus Einwirkung der Oberflächenspannung zu erwartenden kugelförmigen Gestalt hervorbringt. Diese besondere Kraft wird als Gestaltungskraft bezeichnet und gezeigt, daß diese weder mit der inneren Reibung noch der Verschiebungselastizität noch einer räumlichen Verschiedenheit der Oberflächenspannung identisch sein kann, daß die betr. Erscheinungen sich aber sehr wohl durch die Annahme anisotroper Moleküle erklären lassen. — P. DRUDE-Berlin †, „Über elektrische Schwingungen“, ein unvollendetes Referat, vorgetragen von F. KIEBITZ. Hierin wird ein leider fragmentarischer zusammenfassender Überblick über neuere Arbeiten DRUDES und seiner Schüler auf dem Gebiete der elektrischen Schwingungen mit besonderer Bezugnahme auf die drahtlose Telegraphie gegeben. Nach DRUDE ist das beste System für Radiotelegraphie: Magnetische Koppelung, völlig identische Sender und Empfänger, in letzterem ein auf Integraleffekt ansprechendes Eisendrahtbündel mit Drahtwindung als (Magnet-) Detektor. — L. GRUNMACH-Berlin, „Über den Einfluß transversaler Magnetisierung auf die elektrische Leitfähigkeit von Metallen“ (nach gemeinsam mit FR. WEIDERT ausgeführten Versuchen). Es wurde über umfangreiche Untersuchungen berichtet, welche sich auf die Metalle: Ag, Pt, Cd, Sn, Au, Pd, Zn, Cu, Pb, Co, Ni und Fe erstreckten; dieselben wurden in Gestalt zu flachen bifilaren Spiralen aufgewundener Drähte, zwischen Hartgummiplatten in Wachs eingebettet, zwischen die Pole eines kleinen Halbringmagneten nach Du Bois gebracht, dessen Feldstärke bis zu 16000 Gauß gesteigert werden konnte, die Messung der Widerstandsänderungen geschah mittels eines Drehspulengalvanometers unter Verwendung einer besonderen Differentialschaltung. Alle untersuchten Metalle, para- wie diamagnetische, zeigten eine Widerstandsvermehrung im Magnetfelde und lassen sich nach der Größe dieser Widerstandsänderung in folgende Reihe ordnen: (Bi), Cd, Zn, Ag, Au, Cu, Sn, Pd, Pb, Pt, Ta. Die ferromagnetischen Metalle Fe, Ni, Co dagegen zeigen in starken Feldern eine Widerstandsabnahme; Größe und Charakter der Widerstandsänderung sind namentlich beim Eisen außerordentlich von nur geringen Verunreinigungen abhängig. Die Widerstandsverminderung ist am größten bei Ni, dann folgen Ca und Fe. — L. GRUNMACH-Berlin, „Experimentelle Bestimmung der Oberflächenspannung von verflüssigtem Sauerstoff und verflüssigtem Stickstoff“. Zur Messung diente die vom Verf. schon mehrfach beschriebene Methode der durch eine Stimmgabel erzeugten Kapillarwellen; kennt man, dafern es sich um verflüssigte Gase handelt, deren kritische Temperatur, so kann man weiter nach Bestimmung der Oberflächenspannung auch das Molekulargewicht berechnen. Bei den Versuchen beobachtete der Vortragende u. a., daß, sobald die an den Stimmgabelzinken befestigten Platinspitzen die Flüssigkeitsoberfläche berühren, ohne jedoch infolge des Leidenfrostschens Phänomens benetzt zu werden, ohne Erregung der Stimmgabel interferierende Wellen sichtbar und ein schwacher Ton hörbar werden, welcher letzterer bei langsamem Einsenken der Platinspitzen bei bestimmter Tauchtiefe unter sprungweiser Veränderung des Wellensystemes höher wird; der Grund dieser Erscheinung dürfte das durch fortwährendes Entstehen und Vergehen von Gasbläschen veranlaßte periodische Schwingen der Flüssigkeitsoberfläche in der Nähe der Spitzen sein, ähnlich dem Singen der Flüssigkeiten vor dem Sieden. Bei zu tiefem Eintauchen der Spitzen hört mit Eintritt wirklicher Benetzung und infolge dessen stürmischem Sieden jede Tonerscheinung auf.

2. Sitzung vom 18. September. J. ZENNECK-Danzig, „Ein einfaches Verfahren zur Photographie von Wärmestrahlen“. Manche Entwickler wirken bei gewöhnlichen Temperaturen („kalt“) nicht auf photographische Platten; läßt man aber auf eine in solchem Entwickler gebadete vorher belichtete photographische Platte Wärmestrahlen fallen, so wird überall da, wo solche auftreffen und absorbiert werden, Schwärzung eintreten. Das Verfahren ist verhältnismäßig empfindlich, da bei Verwendung eines Topfes mit nahezu kochendem Wasser als Wärmequelle bei 10 cm Ab-



stand sich Absorptionsunterschiede wie zwischen Glas und Hartgummi sehr leicht nachweisen lassen. Verwendbare Entwickler sind Glycin und Hydrochinon; die Platte ist erst in warmem, dann in kaltem Entwickler zu baden, dann erst zu belichten und während der eigentlichen Exposition zweckmäßig in einen von Eis umgebenen Kasten zu legen. — M. WIEN und ZENNECK-Danzig, „Spektralaufnahmen mit Teleobjektiv“. Photographische Platten geben bei Aufnahmen von Spektren Linien nur dann getrennt wieder, wenn deren Abstand im Bilde eine bestimmte Größe überschreitet; um dies namentlich bei Anwendung geringer Dispersion sehr unangenehme Ergebnis zu vermeiden, müßte man die Bildgröße steigern, was bei Anwendung gewöhnlicher Objektive große Brennweite und entsprechend lange Kameraauszüge erfordert, während man bei mäßiger Auszugslänge fünf- bis achtmal größere Bilder durch Anwendung von Teleobjektiven erzielt, die man durch passende Ergänzung vorhandener einfacher Objektive herstellen kann. — B. STRASSER und M. WIEN, „Anwendung der Teleobjektivmethode auf den Doppler-Effekt von Kanalstrahlen“. Die Genannten berichteten über eine wichtige Anwendung, der eben beschriebenen Methode zur Aufhellung der Vorgänge bei Vakuumentladungen. — CHR. FÜCHTBAUER-Würzburg, „Über die Geschwindigkeit der von Kanalstrahlen und Kathodenstrahlen beim Auftreffen auf Metalle erzeugten negativen Strahlen“. Der Vortragende ließ in einer besonders eingerichteten Entladungsröhre die Kanal- bzw. Kathodenstrahlen auf eine in meßbarer Weise den Einfallswinkel zu verändern gestattende Metallplatte fallen, deformierte die reflektierten Strahlen durch ein Magnetfeld, das er durch die Röhre umschließende Spulen herstellte, so daß sie zum Kreise gebogen durch einen kreisbogenförmigen, aus Metall hergestellten Kanal auf eine mit einem Elektrometer verbundene Auffangplatte gelangten. Aus der bekannten Krümmung des Kanals und derjenigen Feldstärke bei der die meisten Elektronen durch den zur Erde abgeleiteten Kanal gelangen, kann man dann deren Geschwindigkeit bestimmen, die sich zu  $3,2 \times 10^8$  bis  $3,6 \times 10^8$  cm/sek., und zwar unabhängig von der Art der auffallenden Strahlen, unabhängig von deren Geschwindigkeit, unabhängig vom angewandten Gase, unabhängig vom Einfallswinkel und auch unabhängig vom reflektierenden Metall (Pt und Al) ergab. — U. BEHN-Frankfurt a. M., „Zwei Demonstrationen zur Abbeschen Theorie des Mikroskopes“. Nach der genannten Theorie können u. U. scharfe Bilder entstehen, welche etwas ganz anderes darstellen, als das Objekt in Wirklichkeit ist, z. B. kann ein aus parallelen Strichen bestehendes Gitter als solches von doppelter Strichzahl abgebildet werden. Dies läßt sich objektiv zeigen, indem man z. B. von einem Drahtgitter von 20 Drähten auf 1 cm durch eine Linse ein Bild in nat. Gr. entwirft, zwischen Linse und Bildebene ein Beugungsgitter, z. B. von 60 Drähten f. 1 cm, bringt, endlich in die Bildebene ein dem ersten gleiches Gitter, mittels dessen man je nach seiner Stellung die Beugungsspektren gerader oder ungerader Ordnung abblenden kann, und schließlich mittels einer zweiten Linse die sich ergebende Erscheinung auf einen Schirm projiziert. Durch Drehen des als Blende dienenden Gitters in seiner Ebene kann man die Strichzahl im Endbilde verdoppeln; fertigt man von den drei Gittern das erste aus dünnen, das eigentliche Beugungsgitter aus dicken Drähten an und schaltet dieses zwischen dem ersten Gitter und der ersten von diesem ein nur wenig vergrößertes Bild am Orte des dritten Gitters entwerfenden Linse ein, so kann man durch Verschiebung des beugenden gegen das erste Gitter Verdreifachung, Vervielfachung und Verfünffachung der Strichzahl zeigen. — E. GEHRKE und O. v. BAYER, „Über den Zeemann-Effekt in schwachen Magnetfeldern“. Für die Theorie des Zeemann-Effektes ist besonders dessen Messung in schwachen Feldern von Interesse, die jedoch optische Instrumente von sehr hohem Auflösungsvermögen verlangt; die Genannten bedienten sich des Interferenzspektroskopes von Lummer und Gehrke nach der Methode der gekreuzten Platten, einer von 1 cm mit einer von 3 mm Dicke, mit Beobachtung der Interferenzpunkte. Als Lichtquelle diente eine im Magnetfelde befindliche Geißleröhre mit Quecksilber, deren Licht im Beobachtungsfernrohr teils senkrecht teils parallel zu den Kraftlinien polarisiert zur photographischen Fixierung der Erscheinung benutzt wurde. Aus den Messungen ergaben sich für die Hg-Linie  $491 \mu\mu$  und einige Trabanten der Linien  $546 \mu\mu$  und  $436 \mu\mu$ , die selbst nicht benutzbar sind, Werte von  $\epsilon/\mu$  zwischen  $1,94 \times 10^{-7}$  und  $3,15 \times 10^{-7}$  also sehr verschiedene, von den von S. Simon für Kathodenstrahlen gefundenen von  $1,865 \times 10^{-7}$  stark abweichende, jedoch mit den in starken Magnetfeldern gefundenen gut stimmende Werte. Mit Ausnahme von  $491 \mu\mu$  zeigten die gemessenen Linien anomale Spaltung, nicht aber die von der Theorie geforderte Unsymmetrie; es ist demnach entweder die Theorie einer Ergänzung bedürftig, oder es war die Anzahl der geladenen Moleküle bei den Versuchen zu klein. — F. SOMMERFELDT-Tübingen, „Ein neuer Typus optisch zweiachsiger Kristalle“. Der Vortragende macht ausführliche Angaben über umfangreiche Beobachtungen an Kristallen des Mesityloxydoxalsäuremethylesters, der eigenartige Interferenzerscheinungen zeigt, vermöge deren er sich, da es sich nach den Beobachtungen nicht um Zwillingbildungen handeln kann, als Vertreter einer ganz neuen Klasse optisch aktiver Körper erweist.

3. Sitzung vom 18. September nachmittags. — H. KAUFFMANN-Stuttgart, „Farbe und chemische Konstitution“. Wie Witt 1876 nachwies ist die Farbigkeit einer Kohlenstoffverbindung abhängig vom Vorhandensein gewisser Molekülgruppen in ihr, der sog. „Chromophore“. Es ist nun vielfach der Zusammentritt mehrerer gleicher oder auch verschiedener Chromophore namentlich in ringförmiger Bindung von Wichtigkeit, insofern als sich durch Vermehrung der Zahl der Chromophore in einem solchen Körper dessen Farbigkeit steigern läßt, wobei jedoch auch dessen Struktur eine wesentliche Rolle spielt. Als die wichtigsten Faktoren beim Zustandekommen einer Farbigkeit sind demnach die Valenzen, ihre Natur und ihre Verteilung anzusehen. — WOLF J. MÜLLER und J. KOENIGSBERGER, „Optische und elektrische Messungen an der Grenzschicht Metall-Elektrolyt“. Es wurde über eingehende Versuche berichtet zur Entscheidung der Frage nach der Existenz einer Oxydhaut auf passiven Metallen; die durch Oxydierung bewirkte Änderung der Oberflächenbeschaffenheit wurde durch photometrische Beobachtung des Reflexionsvermögens bei senkrechtem Einfall ermittelt. Von den erhaltenen Ergebnissen seien erwähnt: 1. kohärente Oxydschichten molekularer Dicke sind optisch bemerkbar, 2. nichtkohärente Schichten zeigen schon bei nach Berechnung aus der Menge in die unterste Grenze des Molekulardurchmessers fallenden Schichtdicken eine Beeinflussung des Reflexionsvermögens, 3.  $\text{Pb O}_2$  bildet kohärente Schichten, Ag, Zn, Cu dagegen nicht, 4. der Angriff von Pd durch verdünnte Schwefelsäure wird durch anodische Polarisation des Pd aufgehoben, 5. Al-Spiegel bedecken sich bei anodischer Polarisation sofort mit einer schlecht reflektierenden bleibenden Oxydschicht. — E. WEDEKIND-Tübingen, „Über magnetische Verbindungen aus unmagnetischen Elementen“. Es wurde über eine Anzahl neuer Verbindungen dieser Art berichtet; es erwiesen sich als magnetisch: das wahrscheinlich der Formel  $\text{Mn As}$  entsprechende Arsenid, ein Manganphosphid, das Carbid  $\text{Mn}_3 \text{C}$ , das Manganwismutid (!) wahrscheinlich  $\text{Mn Bi}$  sogar stark, das Nitrid  $\text{Mn}_7 \text{N}_2$  (?), endlich noch schwach Mangan-Selenid, -Tellurid und -Sulfid, unmagnetisch dagegen  $\text{Mn}_2 \text{As}$ ,  $\text{Mn}_2 \text{Si}$ ,  $\text{Mn}_3 \text{N}_2$ ,  $\text{Mn}_3 \text{N}_2$ . Magnetisch sind auch wasserfreies Manganjodür sowie Cr B. Die bisher als Bilder magnetischer Legierungen nachgewiesenen Elemente sind sämtlich aufeinander folgende Glieder der dritten Periode des periodischen Systems der Elemente. — E. WEDEKIND-Tübingen, „Über eine mit grüner Chemilumineszenz verbundene Reaktion“. Die fragliche Reaktion erhält man durch Zusammenbringen von Chlorpikrin mit Phenylmagnesiumbromid in Mengen entsprechend der Gleichung  $3 \text{C}_6 \text{H}_5 \text{Mg Br} + \text{Cl}_3 \text{C} (\text{NO}_2) \rightarrow (\text{C}_6 \text{H}_5)_3 \text{C} (\text{NO}_2) + 3 \text{Mg Br Cl}$ , doch muß gut gekühlt und stark mit Äther verdünnt werden. — D. VORLÄNDER-Halle a. d. S., „Über neue kristallinisch flüssige Substanzen“. Der Vortragende hat früher gefunden, daß die Eigenschaft einer Substanz, zwischen der kristallinisch-festen und der isotrop-flüssigen Phase noch eine kristallinisch-flüssige zu zeigen, von der chemischen Konstitution abhängt bzw. vom Vorhandensein gewisser Atomgruppen; hierauf fußend hat er 26 neue Substanzen solcher Art gefunden, mit z. T. ganz eigenartigen Eigenschaften. p-Anisal-p-anisidin und p-Anisal-p-phenetid in zeigen nur dann den kristallinisch-flüssigen Zustand, wenn sie unterkühlt und frei von Keimen der festen Phase sind, sonst findet direkter Übergang flüssig—fest statt. p-Anisal-p-amidoacetophenon, p-Azoxybromzimsäureäthylester, p-Anisal-p-amidozimsäureester, p-Azetoxyazobenzolakrylester treten nacheinander als helle und dunkle kristallinische Flüssigkeiten auf, zeigen also zwei kristallinisch-flüssige Phasen und somit 3 Schmelz- bzw. Umwandlungspunkte. Endlich fand Vortragender im Paraazoxybenzoesäureäthylester eine in wirklichen flüssigen oder fließenden Kristallen, nämlich einachsigen Prismen mit Endflächen, vorkommende Substanz.

4. Sitzung vom 19. September nachmittags. — K. KURZ-Gießen, „Über den scheinbaren Unterschied der Leitfähigkeit der Atmosphäre bei positiver und negativer Ladung des Blattelektrometers“. Ein im Freien ausgespannter Draht zeigt auch ohne negative Ladung nach einigen Stunden, schwach auf  $\sim 200$  Volt geladen nach einigen Minuten, eine induzierte Radioaktivität, es muß daher bei allen Leitfähigkeits- und Zerstreungsmessungen wie Ionenzählungen in der Atmosphäre, wobei wesentlich höhere negative Potentiale zur Anwendung kommen, eine ständige Fälschung der Beobachtungen bewirkt werden. Der Vortragende untersuchte den Gegenstand am Gerdienschen Ionenaspirator sowie am Elster-Geitelschen Zerstreungsapparat, indem er in beiden den Zerstreungskörper mit einer leicht abstreifbaren dünnen metallenen Hülse versah, deren induzierte Aktivität nach dem Abstreifen untersucht wurde; die Vers. ergaben das tatsächliche Vorhandensein eines solchen störenden Einflusses, es dürften im allgemeinen für Anzahl und Geschwindigkeit der positiven Ionen zu große bzw. zu kleine Werte vorgetäuscht werden. — E. GRÜNEISEN-Charlottenburg, „Über das Verhalten von Gußeisen bei kleinen Dehnungen“. Bei kleinen Deformationen entspricht das Verhalten des Gußeisens nicht mehr dem Hookeschen Gesetz von der Proportionalität zwischen Dehnung und Spannung. Der Vortragende untersuchte nun die Dehnungen verschiedener Stücke von 2 cm Durchmesser und 27,5 cm Länge bei Belastungen bis zu 25 kg mit

Hilfe der Haidingerschen Interferenzringe, welche mittels zweier durchsichtig versilberter und mit den beiden die Meßstrecke begrenzenden Querschnitten verbundener planparalleler Glasplatten erzeugt wurden. Es ergab sich, daß entsprechend einer schon früher von Hartig aufgestellten Formel der Elastizitätsmodul linear mit der Spannung abnimmt, die Beziehung zwischen Spannung und Dehnung in das Hookesche Gesetz übergeht.

5. Sitzung vom 20. September. — TH. BRUGER-Frankfurt a. M., „Über ein registrierendes elektrisches Widerstandsthermometer, welches für graphische Aufzeichnungen von Fiebertemperaturen verwendbar ist“. Die Anordnung ist im wesentlichen folgende: Der Strom einer Elektrizitätsquelle ist in zwei Zweige geteilt, deren jeder eine kleine eisenlose Spule, ferner der eine einen bekannten unveränderlichen, der andere den aus Pt hergestellten Meßwiderstand, das eigentliche Thermometer, enthält. Die beiden Spulen sind rechtwinklig zueinander fest zu einem System verbunden, welches in einem permanenten Magnetfelde nach Art der Drehspulgalvanometer sich befindet, und so geschaltet, daß sie in diesem sich einander entgegengesetzt zu drehen suchen. — H. WITTE-Wolfenbüttel, „Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach einer mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen“. Auf Anregung von M. Planck hat der Vortragende es unternommen die Zurückführbarkeit der Elektrodynamik auf die Mechanik zu untersuchen; dabei ist von gewissen, auf der elektrischen wie auf der mechanischen Seite feststehenden Grundtatsachen auszugehen, daraus ein allgemein gültiges Schema aller auf dieser Grundlage denkbaren Theorien aufzustellen und weiterhin 1. nach Einordnung aller vorliegenden Ansätze von Theorien in dieses Schema deren Ausbau für möglichst alle bekannten Erscheinungen vorzunehmen zur Entscheidung über die Durchführbarkeit dieser Theorien, 2. Aufstellung aller auf Grund dieses Schemas denkbaren Theorien und wiederum deren vollständiger Ausbau an Hand der Tatsachen. Der Vortragende hat ein solches System möglicher Theorien aufgestellt und für einen Fall die Untersuchung durchgeführt. Ein weiteres Eingehen auf die interessante Arbeit muß an dieser Stelle wegen Raummangels unterbleiben. Doch sei erwähnt, daß die Möglichkeit der Undurchführbarkeit irgend welcher mechanischen Theorie der Elektrizität keineswegs ausgeschlossen ist. — M. REINGANUM-Freiburg i. B., „Eine neue Anordnung der Selenzelle“. Dieselbe besteht darin, daß ein mit Se überzogenes Platinblech in einen — durchsichtigen — Elektrolyten eingebettet ist: das Überziehen des Bleches geschieht, indem man es dem Dampfe von Se aussetzt und den Niederschlag durch Erhitzen auf  $180^\circ$  in die leitende Modifikation verwandelt. Als zweite Elektrode kann ein zur Selenfläche senkrecht stehendes Pt-Blech, oder ein ihr paralleles Pt-Netz dienen. — M. REINGANUM, „Zum Verhältnis von Wärmeleitung zu Elektrizitätsleitung der Metalle“. Vortragender hat auf rein empirischem Wege, und zwar graphisch, unter Benutzung von Beobachtungen von Jaeger und Diesselhorst einen gewissen Zusammenhang zwischen dem erwähnten Verhältnis  $\alpha/\sigma$ , dem Atomgewicht und der magnetischen Suszeptibilität gefunden, der jedoch für Wismut keine Gültigkeit hat.

Über eine Reihe weiterer Vorträge, die sich auf Becquerelstrahlen und Radioaktivität beziehen, wird in d. Zeitschrift in anderem Zusammenhange berichtet werden.

Aus den Verhandlungen der Abteilung für angewandte Mathematik und Physik sei erwähnt der Vortrag von M. WIEN-Danzig, „Über die Intensität der beiden Schwingungen eines gekoppelten Senders“. In den in der Funkentelegraphie gebräuchlichen Sendern entstehen gemeinhin zwei verschiedene Wellen, die eine im Kondensator, die andere im damit gekoppelten eigentlichen Senderkreise. Zwecks guter Wirkung muß die vom Empfänger aufgenommene Energie möglichst groß sein, und zwar kann man in dieser Richtung etwas erreichen, indem man durch Verstimmung der beiden Kreise des Senders gegeneinander die Dämpfung der einen Welle vermindert. Nach der Theorie wirkt eine solche Verstimmung nur dann verbessernd, wenn die Dämpfung der beiden gekoppelten Kreise verschieden ist; je größer die Dämpfungsdifferenz, um so größer das Strommaximum im Empfänger und die diesem entsprechende Verstimmung. Entgegen der Theorie hat die langsamere — niedrigere — Schwingung die größere Dämpfung, demnach auch die schlechtere Wirkung; das tritt besonders bei kleinen Funkenlängen zutage, die Differenz der Dämpfungen ist dann wesentlich größer. Bei sehr kleinen Funkenlängen —  $< 0,5$  mm — trat noch ein neues Maximum der Wirkung hervor, welches auf eine dritte Schwingung deutet, nämlich die Eigenschwingungen des nach dem Erlöschen der Schwingungen im erregenden als ungekoppeltes sich verhaltenden zweiten Systemes.

W. Biegoun von Czudnochowski.

### III. Abteilung für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht.

Am 18. September vorm. sprach Prof. HAAS-Stuttgart über „graphische Darstellungen aus der höheren Analysis“, wobei er an einer Reihe von Beispielen die Veranschaulichung gewisser Begriffe der Differential- und Integralrechnung vorführte. Von mehreren Seiten wurde das

Bedenken erhoben, ob solche Darstellungen, die eine nicht unbeträchtliche Zahl geometrisch-konstruktiver Elemente erfordern, für den Anfangsunterricht in der Schule geeignet seien. — Herr Prof. HAUG-Stuttgart sprach über „Darstellung und Benennung regulärer Kristallkörper“ und erläuterte seinen Vortrag durch eine Anzahl von Schülerzeichnungen aus dem Gebiete der Kristallographie. — Herr REIFF-Wetzlar führte einen Demonstrationsversuch zum Gesetz von Boyle-Mariotte vor, bei dem die stetige Veränderung des Volumens mit dem Druck graphisch dargestellt wird. (Man vgl. diese Ztschr. XIX 230; die sämtlichen Teile, insbesondere auch eine leichte Tafel, sind jetzt an einem genügend hohen Stativ vereinigt.) Das Verfahren erscheint als ein Mittel zur Einführung in das funktionale Denken besonders auch für Gymnasien wertvoll. — Herr Ing. WAGENMANN-Stuttgart sprach über die Einführung in das Gebiet der trigonometrischen Funktionen.

Am 18. September nachm. sprach Herr Prof. BÖRNSTEIN-Berlin über „physikalische Übungen künftiger Lehrer“ (vgl. Heft 6 des vor. Jahrg. S. 355). Im Anschluß daran sprach die Abteilung auf Vorschlag von Prof. Bretschneider in einer Resolution die Überzeugung aus, daß eine bessere Universitätsausbildung der Lehramtskandidaten in der selbständigen Anstellung von Unterrichtsversuchen eine dringende Notwendigkeit für die Hebung des Physikunterrichts an den höheren Schulen sei, damit dieser Unterricht den Bildungswert, den die Physik als Naturwissenschaft hat, zur vollen Geltung bringen könne. — Herr MÜLLER-URI aus Braunschweig führte eine Reihe interessanter neuer Demonstrationsapparate aus seinen Werkstätten vor, insbesondere neue Projektions- und Kontaktthermometer mit flachovalen Mantelröhren und geringster Bildverzerrung, eine automatische Quecksilberluftpumpe nach Bodenburg, verbesserte Präzisions-Vakuometer, Crookesche Mineralröhren, neue Spektralröhren für Längs- und Querdurchsicht sowie solche mit Glashähnen zum Selbstfüllen.

### Zur Erklärung der astronomischen Tafel für 1907.

Die vollständige Erklärung ist, wie in den vorausgegangenen Jahren, der Sonderausgabe der Tafel beigegeben. Nachstehend sind nur diejenigen Abschnitte der Erklärung wiedergegeben, die gegen die früheren Jahre wesentliche Abweichungen aufweisen.

1. An dem Punkt der Ekliptik, wo die Sonne im Augenblick der Frühlings-Nachtgleiche steht, denke man sich den Tierkreis-Gürtel geöffnet und zu einem Streifen ausgebreitet, den Karte I darstellt. Sie umfaßt an Fläche die Hälfte des ganzen Himmelsglobus, es fehlt besonders die Hälfte der nördlichen Halbkugel. Längs der Ekliptik wird die Länge von  $0^\circ$  bis  $360^\circ$ , quer dazu die Breite gemessen. In der Figur ist  $1^\circ = 1\text{mm}$ . Da der Äquator halb über, halb unter der Ekliptik liegt, so wird er in der Figur zu Berg und Tal. Die Karte zeigt, daß z. B. am 22. April die Sonne an der Grenze von Widder und Fischen weilt. Man wird also nach Sonnenuntergang, wenn die Dämmerung ihr Ende erreicht, die benachbarten Sternbilder Stier und Perseus am Westhimmel finden.

Die Sonne ist nach mittlerer Bewegung eingetragen. Die wahre Sonne übertrifft die mittlere an Länge um einen Betrag, der sich auf  $\pm 2^\circ$  belaufen kann und durch die Ordinate der Mittelpunktsgleichung ( $\mu$ ) angegeben wird. Zur Deutlichkeit ist sie in 4facher Überhöhung gezeichnet. Es ist z. B. am 22. April  $0^h$  die Länge der mittlern Sonne =  $28\frac{3}{4}^\circ$ , die Ordinate  $\mu = 7^\circ$ , also die Mittelp.-Gl. =  $1\frac{3}{4}^\circ$ , daher die Länge der wahren Sonne =  $30\frac{1}{2}^\circ$ .

Betrachtet man den Orion zu der Zeit, wo sein Gürtel im Ostpunkt aufgeht, so sieht man, daß die Schultern den Horizont mehr nach Norden zu geschnitten haben müssen und uns früher sichtbar werden als der Gürtel, die Füße nach Süden zu den Horizont passieren werden und uns erst später sichtbar werden. Die Gesamtdauer der Sichtbarkeit ist für die Schultern kleiner, für die Füße größer als 12 Stunden. Von der Sonne am 22. April, da sie nördlich vom Äquator steht, muß Ähnliches gelten wie von den Schultern des Orion, im Februar Ähnliches wie von den Füßen.

2. Aus den Karten III bis VI erkennt man leicht die Größe, Breite und Gestalt der Schleifen der Planetenbahnen.

3. Die Karte VII stellt den Lauf eines erdichteten, mittleren Mondes dar, der, ohne sich weit von dem wahren zu entfernen, immer auf der Ekliptik bleibt und jeden Tag um denselben Bogen fortschreitet. Er legt den ganzen Weg in  $27\frac{1}{3}$  Tagereisen von je  $13^\circ 10'$  zurück, die in der Karte durch Zahlen bezeichnet sind. Um für eine beliebige Zeit, z. B. Dezember 26,  $6^h$  nachmittags, den Ort des mittleren Mondes bequem zu finden, ist für jeden Monat eine besondere Epoche (Ruhepunkt, Start) festgesetzt und mit einer römischen Zahl bezeichnet, für Dezember mit XII. Diese Zahl bezeichnet den Punkt, wo der mittlere Mond bei Beginn des 30. November (oder Dezember 0) steht. Die Skala der Tagereisen (0, 1, . . . 27) müßte vom Frühlingspunkt nach links verschoben werden, so daß ihr Anfangspunkt auf XII (Länge =  $183^\circ$ ) fele, wenn sie die Standpunkte des mittleren Mondes für Beginn (Mitternacht) der Tage Dezember 0, 1, 2 . . . 27 darstellen sollte.

Wir bezeichnen die Zeit nach der Art der Italiener, der belgischen Fahrpläne und des Annuaire du bureau des longitudes so, daß der bürgerliche Tag, von Mitternacht bis Mitternacht, in 24 Teile zerlegt wird, deren Anfangspunkte der Reihe nach  $0^h, 1^h, \dots, 23^h$  heißen. Mittag wird also mit  $12^h$  bezeichnet.

Der angegebene Zeitpunkt ist also Dec. 26,  $18^h$ . In  $26^d 18^h$  könnte aber der Mond vom Frühlingspunkt bis zu einem Punkte laufen, der in der Karte zwischen 26 und 27 einzuschalten ist und die Länge  $352^\circ$  hat. Da nun die Reise im Punkte XII ( $183^\circ$  Länge) beginnt, so ist die Länge des mittleren Mondes =  $183^\circ + 352^\circ = 535^\circ$  oder, nach Weglassung eines vollen Umlaufs, =  $175^\circ$ .

In der Karte VII ist die Mondbahn für die Mitte des Jahres gezeichnet, sie schneidet die Ekliptik im aufsteigenden und absteigenden Knoten  $\Omega_1$  und  $\mathcal{U}_1$ , zugleich sind durch  $\mathcal{U}_0, \Omega_0$  die Knoten zu Anfang, durch  $\Omega_2$  und  $\mathcal{U}_2$  zu Ende des Jahres angegeben, dadurch ist auch die Lage der Mondbahn bestimmt, die von den Knoten unverändert mitgenommen wird. Für Zwischenzeiten kann die Lage der Mondbahn leicht geschätzt werden. Bei  $175^\circ$  Länge hat die für Dezember gültige Mondbahn die Breite  $5^\circ$ .

Der Mond durchläuft seine Bahn nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, die Tagereisen am Perigäum ( $\pi$ ) sind größer, die am Apogäum ( $\alpha$ ) kleiner als der mittlere Wert. Trifft daher der mittlere Mond mit dem wahren in  $\pi$  und  $\alpha$  zusammen, so ist der wahre Mond, nachdem er das Perigäum passiert hat, bis zum Apogäum dem mittleren etwas voraus, von da ab bleibt er gegen ihn zurück. Wieviel man zur Länge des mittleren Mondes hinzulegen muß, um die des wahren zu erhalten, wird durch die Mittelpunkts-Gleichung angegeben, die durch die positiven und negativen Ordinaten einer Kurve  $\pi_1 \alpha_1$  dargestellt ist für die Mitte des Jahres. Für den Anfang ist sie nach  $\pi_0 \alpha_0$ , für das Ende nach  $\pi_2 \alpha_2$  zu verschieben. Bei  $175^\circ$  Länge ist die zugehörige Ordinate =  $-5^\circ$ . Daher ist die wahre Länge des Mondes =  $175^\circ - 5^\circ = 170^\circ$ , die Breite =  $5^\circ$ . Er steht zwischen den Sternbildern Löwe und Jungfrau.

Die Einteilung in Tagereisen ist noch über den einmaligen Umlauf bis 28, . . . 31 fortgesetzt, um auch für die letzten Tage eines Kalender-Monats die Aufsuchung mühelos zu gestalten.

4. Eine Sonnenfinsternis ereignet sich, wenn Sonne und Mond in der Nähe eines Knotens der Mondbahn, höchstens  $18^\circ$  davon entfernt, in Konjunktion treten. Mit Hilfe der in Karte I angegebenen Punkte der Sonnenbahn, wo solche Konjunktionen stattfinden, läßt sich leicht finden, wann günstige Gelegenheiten eintreten. Man überträgt aus der Karte der Mondbahn die Strecken, auf denen die beiden Knoten variieren, in die Karte I, auf der Strecke des absteigenden Knotens liegt der Neumond vom 14. Januar, auf der Strecke, die der aufsteigende Knoten beschreibt, liegt der Neumond vom 10. Juli. Beide sind mit Finsternissen verbunden, die erste ist fast in ganz Asien, die zweite in Süd-Amerika sichtbar.

Eine Mondfinsternis erfordert, daß bei Vollmond die Sonne höchstens  $12^\circ$  von einem Knoten der Mondbahn entfernt ist. Aus Karte I sind alle Orte des Fixsternhimmels, wo die Sonne zur Zeit irgend eines Vollmondes steht, als Mitten zwischen zwei Neumonden leicht zu erkennen. Von diesen fällt in die Nähe des absteigenden Knotens der Vollmond vom 29. Januar, in die Nähe des aufsteigenden der vom 25. Juli. Beide sind mit Finsternissen verbunden.

5. Die Angaben der astronomischen Tafel sind Folgerungen aus den allgemeinen Gesetzen der Planetenbewegungen und den Werten der Bahn-Elemente. Durch einfache Zeichnungen kann man erkennen, wie es möglich ist, solche Folgerungen zu ziehen, wenn man sich begnügt, die Bahnen um die Sonne als kreisförmig anzusehen. Die unten folgende Tabelle liefert für eine bequeme Epoche die notwendigen Konstanten.

	Mittlere Länge 1907 Jan. 0	Änderung in		Mög- licher Fehler	Radius der Bahn
		365 d	366 d		
		(U. = Umlauf)			
Merkur	196,0 <sup>o</sup>	4 U. 53,72 <sup>o</sup>	4 U. 57,81 <sup>o</sup>	28 <sup>o</sup>	0,39
Venus	117,1 <sup>o</sup>	1 U. 224,79 <sup>o</sup>	1 U. 226,39 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	0,72
Erde	98,5 <sup>o</sup>	359,76 <sup>o</sup>	1 U. 0,75 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1,00
Mars	22,3 <sup>o</sup>	191,29 <sup>o</sup>	191,81 <sup>o</sup>	11 <sup>o</sup>	1,52
Jupiter	90,6 <sup>o</sup>	30,35 <sup>o</sup>	30,43 <sup>o</sup>	6 <sup>o</sup>	5,20
Saturn	351,9 <sup>o</sup>	12,23 <sup>o</sup>	12,26 <sup>o</sup>	6 <sup>o</sup>	9,54
Uranus	274,2 <sup>o</sup>	4,30 <sup>o</sup>	4,31 <sup>o</sup>	5 <sup>o</sup>	19,2
Neptun	100,4 <sup>o</sup>	2,20 <sup>o</sup>	2,21 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	30,1

Die Epoche „Jan. 0“ bedeutet den Anfang des Tages, welcher dem Tage „Jan. 1“ vorausgeht, also „Dez. 31,0<sup>h</sup>, Mitternacht“. Dies wird bei konsequenter Durchführung der italienischen Stundenbezeichnung notwendig. Um z. B. die geozentrische Bahn des Jupiter zu erhalten, verfährt man folgendermaßen. Um einen Punkt  $O$  (Sonne) beschreibt man in der Ebene der Ekliptik zwei Kreise von den Radien 1,00 und 5,20, um die Bahnen von Erde und Jupiter darzustellen. Ein von der Sonne ausgehender Strahl gibt die Richtung nach dem Frühlingspunkt ( $0^\circ$  Länge) an. Man bestimmt dann für Jan. 0, Febr. 1 . . ., also mit Zwischenzeiten von je 32 Tagen, auf diesen Bahnen die Orte von Erde ( $E_1, E_2, \dots, E_{12}$ ) und Jupiter ( $J_1, J_2, \dots, J_{12}$ ). Hierauf trägt man von einem neuen Punkte  $O'$  Fahrstrahlen (Vektoren) ab,  $O'Z_1, O'Z_2, O'Z_3, \dots$ , die parallel und gleich sind zu  $E_1J_1, E_2J_2, E_3J_3, \dots$ . Dann bilden  $Z_1, Z_2, Z_3, \dots$  die geozentrische Bahn des Jupiter, die Längen befinden sich mit den Angaben der Karte in guter Übereinstimmung. Aus einer solchen Figur sieht man den Grund der rückläufigen Bewegung und ihre Ausdehnung, also mehr als aus rein qualitativen Betrachtungen, in denen die Zeiten der Opposition und der Konjunktion der Planeten und der Sonne außer Zusammenhang vorgeführt werden.

Derartige Figuren sind der Sonderausgabe der Sternkarte für 1904 und 1905 beigegeben worden.

6. Den Mondort kann man fast auf einen Grad genau berechnen, wenn man die Zeiträume kennt, in welchen der Mond zum Frühlingspunkt, zum Knoten, zum Perigäum zurückkehrt (tropischer Monat  $M_1$ , Drachenmonat  $M_2$ , anomalistischer Monat  $M_3$ ), und je eine Epoche, d. h. einen Zeitpunkt, wann der Mond in einem dieser drei Punkte stand.

	tropischer Monat $M_1$	Drachenmonat $M_2$	anomalistischer Monat $M_3$
Dauer . . . . .	27,322 <sup>d</sup>	27,212 <sup>d</sup>	27,555 <sup>d</sup>
Epoche . . . . .	1906: XII 23 <sup>d</sup> , 6 <sup>h</sup>	XII 5 <sup>d</sup> , 9 <sup>h</sup>	XII 15 <sup>d</sup> , 11 <sup>h</sup>

Es sei zu bestimmen der Mondort für 1906 Dez. 26, 18<sup>h</sup>. Man berechne die seit den Epochen vergangenen Zeiten erst in Tagen, dann in Monaten der zugehörigen Art:

$$\begin{aligned} T_1 &= 368,50^d & T_2 &= 386,38 & T_3 &= 376,29 \\ &= 13,488 M_1 & &= 14,198 M_2 & &= 13,656 M_3. \end{aligned}$$

Die entsprechenden durchlaufenen Bogen sind, von vollen Umläufen abgesehen,

$$\psi_1 = 0,488 U. = 176^\circ, \quad \psi_2 = 0,198 U. = 71^\circ, \quad \psi_3 = 0,656 U. = 238^\circ.$$

Dann ist die mittlere Länge des Mondes =  $\psi_1$ , die Breite =  $5^\circ \sin \psi_2$  (=  $5^\circ$ ), die Mittelpunktsgleichung =  $6,3^\circ \sin \psi_3$  (=  $-5^\circ$ ). Folglich die Länge =  $176^\circ - 5^\circ = 171^\circ$ , die Breite =  $5^\circ$ .

Man vergleiche hierzu die im vorigen Jahrgang S. 68 enthaltene Konstruktion der elliptischen Mondbahn mit Zeit-Einteilung.\*)

M. Koppe.

#### Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Die Fortschritte der Physik. 61. Jahrg. III. Abt. Kosmische Physik, redigiert von Richard Aßmann. 658 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1906. — **A. Winkelmann**, Handbuch der Physik. 2. Auflage. I. Bd. 1. Hälfte: Allgemeine Physik. Mit 164 Abb. 544 S. M 17,—. III. Bd. 2. Hälfte: Wärme. Mit 97 Abb. 642 S. M 20,—. Leipzig, J. A. Barth, 1906. — **E. Rutherford**, Die Radioaktivität. Deutsche Ausgabe von E. A s c h k i n a ß. 597 S. M 16,—. Berlin, Julius Springer, 1907. — **E. Gehrke**, Die Anwendung der Interferenzen in der Spektroskopie und Metrologie. (Die Wissenschaft. Hft. 17.) Mit 73 Abb. 159 S. M 5,50. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1906. — **J. und R. Ambronn**, Sternverzeichnis, enthaltend alle Sterne bis zur 6,5. Größe. Herausg. von L. Ambronn. 183 S. M 10,—. Berlin, Julius Springer, 1907. — **H. Götz** und **Georg Wetzstein**, Lehrbuch der Physik. 6. Aufl. Mit 417 Fig. 414 S. M 4,40. München u. Leipzig, G. Franzscher Verl., 1907. — **F. Bolte**, Leitfaden für den Unterricht in der Physik. 2. Aufl. Mit 239 Abb. 136 S. M 2,20, geb. M 2,40. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. — **J. Schmidt**, Chemisches Praktikum. 2. Teil. Ausgewählte Kapitel aus der organischen und Nahrungsmittel-Chemie. Mit 47 Fig. 138 S. M 1,80, geb. M 2,—. Breslau, Ferd. Hirt, 1907. — **J. Lorscheid**, Kurzer Grundriß der Mineralogie. Bearbeitet von H. Brockhausen. 27 S. M —,60. Freiburg i. Br., Herder, 1906. — **H. Baumbauer**, Kurzes Lehrbuch der Mineralogie. 3. Aufl. Mit 191 Fig. 224 S. M 2,80, geb. M 3,30. Freiburg i. Br.,

\*) Eine Sonderausgabe der Erklärung der astronomischen Tafel ist unter dem Titel „Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1907“ im Verlag von Julius Springer in Berlin erschienen und durch alle Buchhandlungen zu beziehen. Preis 40 Pf., für 10 Exemplare M 3,—, für 20 Exemplare M 5,50.

Herder, 1906. — **M. Girudt**, Leitfaden der bautechnischen Chemie. Mit 34 Fig. 60 S. M 1,20. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. — Aus Natur und Geisteswelt. 40. Bändchen: F. Auerbach, Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. 2. Aufl. Mit 79 Fig. 156 S. M 1,25. 110. Bd. S. Oppenheim, Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Mit 24 Abb. 164 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. — **W. Oels**, Pflanzenphysiologische Versuche für die Schule. 2. Aufl. Mit 87 Abb. 117 S. M 3,—, geb. M 4,—. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. — **H. Barbisch**, Hofers Naturlehre für Bürgerschulen. In drei konzentrischen Stufen. I. Stufe 68 S. Kr 1,—; II. Stufe 88 S. Kr 1,30. Wien, Manzsche Buchhandlung, 1906. — **Sammlung Göschen**: H. Bauer, Geschichte der Chemie. Bd. I. Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. 94 S. Bd. II. Von Lavoisier bis zur Gegenwart. 125 S. M —,80. W. Bahrdr, Physikalische Messungsmethoden. Mit 49 Fig. 145 S. G. Mahler, Physikalische Formelsammlung. Mit 65 Fig. 182 S. W. Weitbrecht, Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Mit 15 Fig. 180 S. Sämtlich bei G. J. Göschen, Leipzig, 1906. — **F. Dannemann**, Quellenbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften in Deutschland. (Deutsche Schulausgaben von J. Ziehen, Nr. 39.) 158 S. M 1,20. Leipzig u. Dresden, L. Ehlermann. — **A. Slaby**, Otto von Guericke. Festvortrag. 28 S. M —,60. Berlin, Julius Springer, 1907. — **J. Sachse**, Zur mechanischen Drittelung eines Winkels etc. 39 S. M 1,20. Heiligenstadt, F. W. Cordier. — **O. Simmersbach**, Die Eisenindustrie. (Teubners Handbücher für Handel und Gewerbe.) 322 S. M 7,20. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. — **W. Schmidt**, Atomauflösung und Bildungswärmen chemischer Prozesse. 45 S. Karlsruhe, C. F. Müller, 1906.

**Sonderabdrücke**: Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften IV—VI. Von Eilhard Wiedemann. S.-A. Sitzgsber. phys.-mediz. Soz. Erlangen. Bd. 37 und 38. — Calorimetrische Studien I—III. Von Emil Bose. Nachr. d. K. Ges. der Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Kl. 1906. — Über die Pflege der Geschichte im chemischen Unterricht. Von F. Stranz. S.-A. Chemiker-Ztg. 1906. — Grenzfragen der Mathematik und Philosophie, zwei Vorträge von F. Klein und A. Höfler. S.-A. Wiss. Beilage z. Jahresbericht der Philos. Ges. in Wien 1906.

**Preisverzeichnisse**: Ferdinand Ernecke, Projektionen mit dem Schulprojektionsapparat Type NOR, 3. verm. Auflage. — Ed. Liesegang, Düsseldorf, Universal-Projektionsapparat nach Dr. Berghoff, nebst Bericht darüber (Katalog Nr. 316). — Ed. Liesegang, Autotrop, eine selbsttätige Wechsellvorrichtung für Lichtbilder-Apparate (Nr. 351). — Gustav Müller, Ilmenau, neue Apparate für den physikalischen und chemischen Unterricht nach H. Rebenstorff. — Carl Zeiß, Jena, ein neues Sonnenprisma nach P. Agostino Colzi. — G. u. S. Merz, München, ein Fernrohr für Liebhaber und Schulen (Preis M 125,—). — Ehrhardt u. Metzger Nachf., Darmstadt, Vorlesungsapparate.

## Himmelserscheinungen im Februar und März 1907.

Heliozentrische Koordinaten (Länge und Breite) der Planeten für 1907  
von 30 zu 30 Tagen.

1907	♂	♀	♁	♃	♄	♅
Jan. 14	255 <sup>o</sup> ,6 — 3 <sup>o</sup> ,3	140 <sup>o</sup> ,4 + 3 <sup>o</sup> ,0	113 <sup>o</sup> ,2	193 <sup>o</sup> ,5 + 1 <sup>o</sup> ,1	97 <sup>o</sup> ,4 0 <sup>o</sup> ,0	
Febr. 13	356,1 — 5,4	189,1 + 3,1	143,6	207,4 + 0,7	99,9 0,0	
März 15	164,6 + 6,2	237,2 + 1,1	173,8	221,9 + 0,2	102,4 + 0,1	347 <sup>o</sup> ,9 — 2 <sup>o</sup> ,0
April 14	261,1 — 3,9	284,8 — 1,6	203,4	237,1 — 0,3	104,9 + 0,1	
Mai 14	5,9 — 4,6	332,3 — 3,3	232,5	253,0 — 0,8	107,4 + 0,2	
Juni 13	173,3 + 5,7	20,0 — 2,8	261,3	269,8 — 1,2	109,9 + 0,2	350,8 — 2,1
Juli 13	266,7 — 4,5	68,0 — 0,4	289,9	287,5 — 1,6	112,4 + 0,3	
Aug. 12	16,3 — 3,6	116,6 + 2,2	318,6	305,9 — 1,8	114,8 + 0,3	
Sept. 11	181,5 + 5,0	165,3 + 3,4	347,6	324,7 — 1,8	117,3 + 0,4	353,8 — 2,2
Okt. 11	272,4 — 5,0	213,7 + 2,3	17,0	343,8 — 1,7	119,7 + 0,5	
Nov. 10	27,4 — 2,4	261,5 — 0,3	46,9	2,6 — 1,3	122,1 + 0,5	
Dez. 10	189,2 + 4,3	309,0 — 2,7	77,3	21,0 — 0,9	124,6 + 0,6	356,8 — 2,2

Mittlere Schiefe der Ekliptik für 1907,0: 23° 27' 4",70.

Durchgang der Sonne durch das

Frühlingsäquinoktium	Sommersolstitium	Herbstäquinoktium	Wintersolstitium
März 21, 19 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> M.E.Z.	Juni 22, 15 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>	Sept. 24, 6 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup>	Dez. 23, 0 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> .

♄ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0<sup>h</sup> = Mitternacht.

		Februar						März					
		3	8	13	18	23	28	5	10	15	20	25	30
♀	{ AR	21 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup>	21.44	22.18	22.52	23.22	23.46	24. 0	0. 1	23.51	23.35	23.23	23.18
	{ D	- 19 <sup>o</sup>	- 16 <sup>o</sup>	- 12 <sup>o</sup>	- 8 <sup>o</sup>	- 4 <sup>o</sup>	0 <sup>o</sup>	+ 3 <sup>o</sup>	+ 4 <sup>o</sup>	+ 3 <sup>o</sup>	+ 1 <sup>o</sup>	- 2 <sup>o</sup>	- 4 <sup>o</sup>
♀	{ AR	17 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	18.11	18.33	18.52	19.14	19.38	20. 1	20.24	20.48	21.11	21.34	21.57
	{ D	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 19	- 18	- 17	- 16	- 14	- 13
☉	{ AR	21 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup>	21.24	21.44	22. 3	22.23	22.41	23. 0	23.19	23.37	23.55	0.14	0.32
	{ D	- 17	- 15	- 14	- 12	- 10	- 8	- 6	- 4	- 2	- 1	+ 1	+ 3
♂	{ AR	15 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>	15.59	16.12	16.23	16.35	16.47	16.59	17.11	17.22	17.33	17.44	17.55
	{ D	- 19	- 20	- 20	- 21	- 21	- 22	- 22	- 23	- 23	- 23	- 23	- 23
♃	{ AR		6. 7		6. 5		6. 4		6. 5		6. 8		6.12
	{ D		+ 23		+ 23		+ 23		+ 24		+ 24		+ 24
♄	{ AR	23 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup>						23.16					
	{ D	- 8						- 7					
☉	Aufg.	7 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	7.34	7.25	7.15	7. 4	6.53	6.42	6.31	6.19	6. 8	5.56	5.44
	Unterg.	16 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>	16.55	17. 5	17.15	17.24	17.33	17.43	17.52	18. 1	18. 9	18.18	18.27
☾	Aufg.	22 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	3.39	8. 3	9.55	12.34	17.51	-	4.42	7.15	9.12	13.12	20.19
	Unterg.	9 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>	12.17	18. 3	-	4.12	7.15	9. 9	13. 5	19.27	0. 4	4.17	6.24
Sternzeit im mittl. Mittg.		20 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup>	21. 9.37	21.29.20	21.41. 3	22. 8.46	22.28.28	22.48.11	23. 7.54	23.27.37	23.47.20	0. 7. 2	0.26.45
Zeitgl.		+ 13 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup>	+ 14.19	+ 14.25	+ 14.12	+ 13.40	+ 12.53	+ 11.52	+ 10.41	+ 9.21	+ 7.54	+ 6.23	+ 4.51

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M. E. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Febr. 12, 18 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> März 14, 7 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup>	Febr. 20, 5 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> März 22, 2 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	Febr. 28, 7 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> März 29, 20 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn	
im Februar	wird Mitte d. M. abends im W sichtbar, zuletzt <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Std. lang	2 bis 1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Std. lang als Morgenstern sichtbar	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> bis 3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Std. morgens im Skorpion sichtbar	12 bis 9 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Std. lang abends in den Zwillingen sichtbar	wird in der zweiten Hälfte des Monats unsichtbar	
im März	wird gegen Mitte des Monats wieder unsichtbar	zuletzt morgens nur noch <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stunde lang sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf 2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Stunden	die Sichtbarkeitsdauer nimmt bis auf 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Std. ab	unsichtbar; Konjunktion am 9.	
Phänomene der Jupitermonde	Febr. 5	23 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup>	M. E. Z. II A	März 2	20 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup>	M. E. Z. II A
	6	22 56 45	I A	9	21 52 59	III E
	10	20 24 54	IV A	9	23 19 0	II A
	15	19 21 13	I A	10	19 37 0	I A
	22	21 16 49	I A	17	21 32 42	I A
März 1	23 12 28	I A	24	23 28 24	I A	

**Sternbedeckungen.**

	Stern	Eintritt	Q	Austritt	Q
Febr. 23	ζ Geminorum	20 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> , 4	M. E. Z. 70 <sup>o</sup>	21 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> , 2	M. E. Z. 293 <sup>o</sup>
25	♃ Cancri	18 38 ,1	74	19 45 ,1	300
März 21	γ Orionis	20 36 ,0	56	21 39 ,6	301

**Veränderliche Sterne (M. E. Z.):**

Febr. 3	19 <sup>h</sup>	ζ Gemin.-Min.	Febr. 17	22 <sup>h</sup>	♃ Cephei.-Min.	März 4	21 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>	Algol.-Min.
4		R Hydrae.-Min.	18	19	β Lyrae.-Min.	6	19	β Lyrae.-Max.
5	21	β Lyrae.-Min.	18	23	ζ Gemin.-Max.	6	22 52	♃ Librae.-Min.
8	20	ζ Gemin.-Max.	19	19	γ Aquilae.-Max.	7	18 23	Algol.-Min.
8	23	β Lyrae.-Max.	20	23 44 <sup>m</sup>	♃ Librae.-Min.	13	22 26	♃ Librae.-Min.
9	23 3 <sup>m</sup>	Algol.-Min.	21	21	β Lyrae.-Max.	20	22 0	♃ Librae.-Min.
12	19 52	Algol.-Min.	27	23 18	♃ Librae.-Min.	23		R Lyrae.-Max.
13	22	♃ Cephei.-Max.	März 1		R Lyrae.-Min.	27	21 35	♃ Librae.-Min.
13	23	ζ Gemin.-Min.	3	19	γ Aquilae.-Min.	28	20	♃ Cephei.-Max.

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

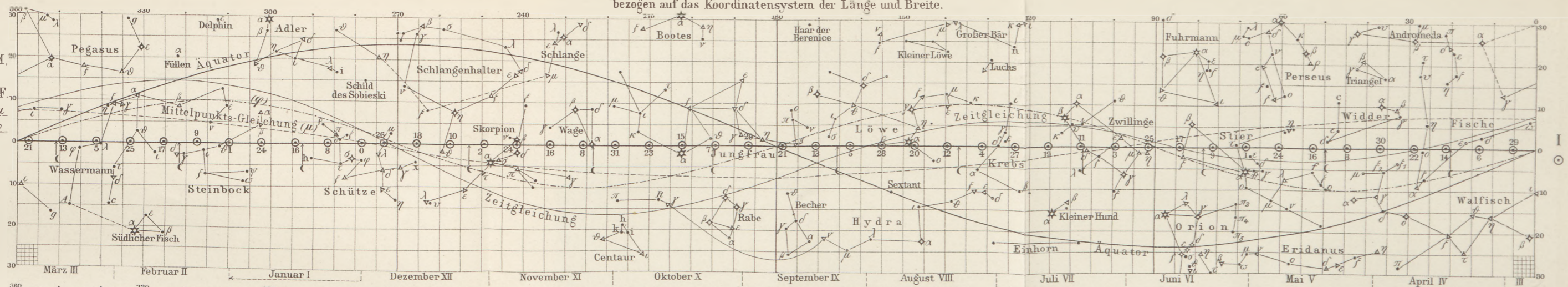


# Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1907

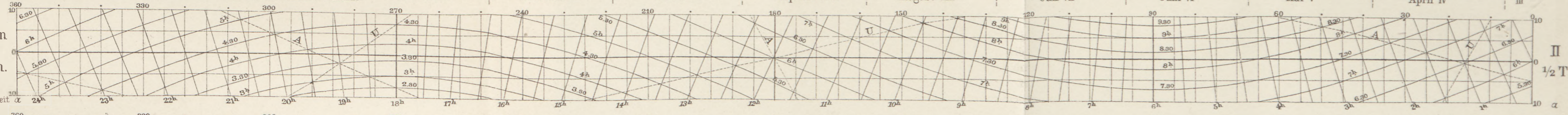
bezogen auf das Koordinatensystem der Länge und Breite.

I. Tierkreisgürtel und ☉  
 Länge der mittleren Sonne ☉-M,  
 der wahren Sonne -S,  
 einer fingierten auf der Ekliptik -F  
 Mittelpunkts-Gleichung  $S-M = \mu$   
 $M-F = \varphi$

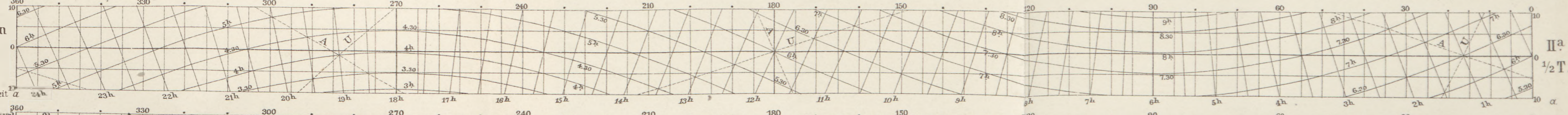
( $\mu$  und  $\varphi$  in 4-fachem Maßstab)  
 Zeitgleichung (in Min)  $\mu + \varphi$   
 (Intervall 8 Tage)  
 Neumond ☾  
 Sterngrößen  
 ☆ ◆ ▲ ●  
 1 2 3 4



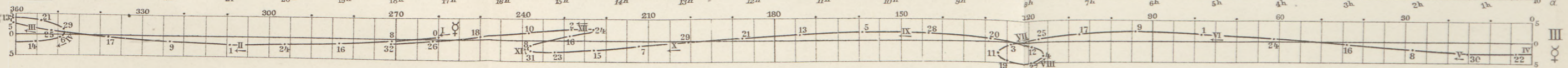
II. Halbe Tagesbogen  
 für die  
 Polhöhe von Berlin.  
 1/2 T.



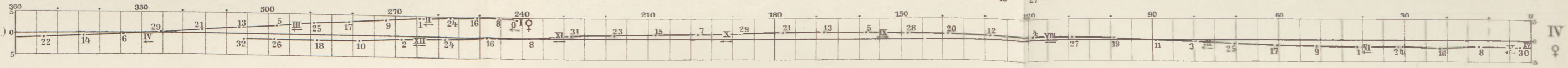
II<sup>a</sup> Halbe Tagesbogen  
 für die  
 Polhöhe von Wien.  
 1/2 T.



III. Merkur ☿  
 (Intervall 8 Tage.)



IV. Venus ♀ (8 Tage.)



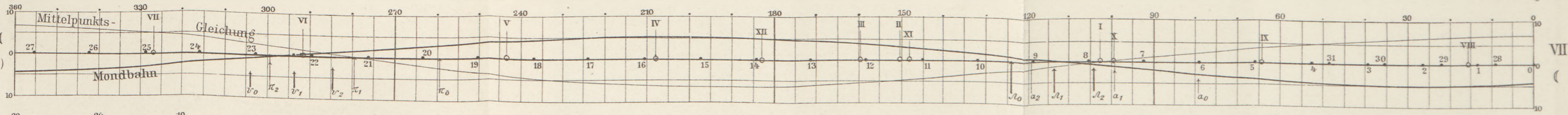
V. Mars ♂ (16 Tage)  
 Neptun ♆



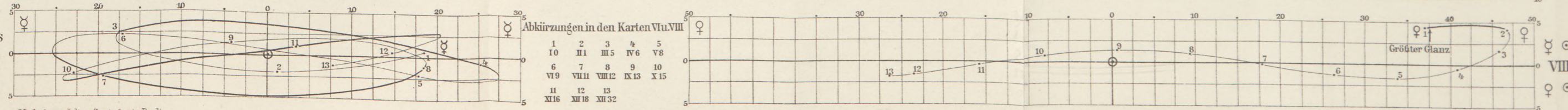
VI. Jupiter ♃ (32 Tage)  
 Saturn ♄ (64 Tage)  
 Uranus ♅



VII. Mond ☾  
 (Intervall 1 Tag)



VIII. Stellung von  
 Merkur und Venus  
 relativ zur Sonne  
 (Intervall 16 Tage)  
 Doppelter Maßstab



Abkürzungen in den Karten VII.VIII

1	2	3	4	5
10	11	13	14	15
6	7	8	9	10
VI	VII	VIII	IX	X
11	12	13		
XI	XII	XIII		