

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVI. Jahrgang.

Fünftes Heft.

September 1913.

Apparat zur induktiven Herleitung des elektromagnetischen Grundgesetzes.

Von

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

Vor einigen Jahren ist BAHRT damit vorangegangen (Sonderheft II, 4), das Laplacesche Grundgesetz der Wechselwirkung zwischen Stromelement und magnetischem Teilchen unmittelbar aus dem Experiment zu erschließen. Sein Stromelement ist allerdings noch 9 cm lang, das magnetische Teilchen wird dargestellt durch das Polende einer Stricknadelpolwage, und der Abstand beider beträgt nur 15 cm. Es liegt auf der Hand, daß wegen dieser ungünstigen Längenverhältnisse so große Korrekturen nötig werden, daß von einer unmittelbaren Bestätigung, geschweige denn von einer induktiven Herleitung des Gesetzes wohl nicht die Rede sein kann. Außerdem zeigt der Apparat alle Schwächen der Polwagemagnetometrie und ist seiner Natur nach nur für Schülerübungen, nicht zum Gebrauch vor der Klasse geeignet. Immerhin hat er den Fachmann davon überzeugen können, daß es möglich ist, das gestellte Ziel mit besseren Hilfsmitteln zu erreichen. So ist auch die Durcharbeitung der nachfolgenden Methode durch die Mitteilung BAHRTS angeregt worden. Für mich lag nichts näher als die Verwendung der Lichtzeigernadel, dieses ungleich feineren und dabei für Demonstrationen besonders geeigneten Hilfsmittels der Galvanometrie. Die von mir in dieser Zeitschr. XXII, 1 beschriebene Galvanometerbank mit Lichtzeigernadel konnte ohne weiteres dem neuen Zwecke dienstbar gemacht werden. Sie erhielt als neues Zubehör ein nur 2 cm breites, aber 100 cm langes Leiterrechteck, das, der Länge nach drehbar, horizontal über der Bankmitte gelagert ist, so daß seine eine, das Stromelement darstellende Schmalseite senkrecht über der Lichtzeigernadel verbleibt. Dieses Leiterrechteck besteht aus 10 Windungen eines überspannten Kupferdrahtes von 0,7 mm Durchmesser. Als Träger der Wicklung dient eine Holzleiste von 1,9 cm Breite und 1,5 cm Dicke. Sie ist an den Stirnenden nach der Mittellinie 9 mm breit und 1 mm tief ausgekehlt, und kommen die 10 Drähte in dieser Vertiefung dicht nebeneinander zu liegen. An den Langseiten liegen die Drähte ohne weiteres auf der Leiste, werden aber durch herumgelegte Schnürbänder in richtiger Lage gehalten. Beim Aufbringen der Wicklung muß die Leiste mittels Holzschrauben auf einem passenden Klotz oder Bock festgelegt und der Draht von einer mit Handhaben versehenen Rolle entnommen werden. Dabei ist zu beachten, daß die 10 Drähte an der vorderen, wirksamen Schmalseite gut parallel liegen, und daß die Knicke möglichst scharf werden. Die Drahtendigungen an der hinteren Schmalseite dreht man mit einer Zwischenlage von Isolierband zusammen und verlötet sie mit einer 2 m langen Doppelleitung aus Haustelegraphendraht.

Die weitere Ausrüstung des Leiterrechtecks mit Zapfen und Teilkreis wird aus Fig. 1 ersichtlich. Beide Zapfen sind in 12 mm breite Schuhe *B* aus starkem Messingblech gelötet. Der vordere Zapfen *C* besteht aus einem Stück 3 mm dicken Messingdrahts, der hintere *D* aus einem Messingröhrchen von 6 mm Weite; durch letztere wird der Doppeldraht der Zuleitung gezogen.

Auf das Hinterende des Leiterrechtecks wird zur Befestigung des Teilkreises ein Holzring F gepaßt. Der Kreis E besteht aus starkem Karton von 20 cm Durchmesser und wird mittels Reißzwecken in der richtigen Stellung mit dem Ring verbunden. Die der ganzen Klasse sichtbare Teilung am Rande geht von 10 zu 10 Graden. Die in der Ebene des Leiterrechtecks liegende Nulllinie ist kräftig durchgezogen, ebenso die 90° , 60° , 45° , 30° entsprechenden Teilstriche. Eine Bezifferung ist unnötig. Dagegen werden die 4 Quadranten durch Färbung gekennzeichnet; es liegen gegenüber Blau und Rot, Weiß und Grün.

Die nach Photographie hergestellte Fig. 2 der Galvanometerbank mit dem Leiterrechteck dürfte im Verein mit der eingangs zitierten Abhandlung *XXII, 1* jedem Leser eine richtige Vorstellung des Instrumentariums verschaffen.

Die Stellung der Scheibe wird durch einen Vertikalstrich nach der Mittellinie des hinteren Lagerständers bestimmt. Auch für den Lehrer ist auf der Rückseite der

Kartonscheibe eine der vorderen genau entsprechende Teilung mit feineren Strichen vorgesehen, auf welche ein Index am Kopfe des Ständers eingestellt wird. Der Lehrer bewirkt hinten die scharfe Einstellung, während die Klasse dies von vorn überwacht.

Für die Lagerung des beschriebenen Leiterrechtecks bedarf es zweier Ständer, von denen der hintere, soeben erwähnte in eine Schwalbenschwanzführung von oben her eingesetzt wird, während der vordere mit seinem Fuße in den für die magnetometrische Meßleiste bestimmten Schlitz geschoben werden kann. Beide erhalten in Höhen von 10, 15, 20, 25 cm über

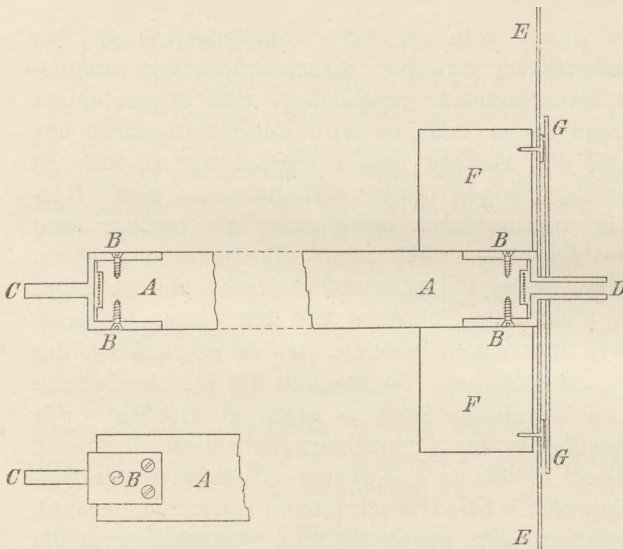


Fig. 1.

der Nadelmitte Bohrungen für die Drehzapfen des Leiterrechtecks. Zu den Zapfenlöchern führen seitliche Einschnitte schräg von oben, um das Einlegen und Herausnehmen des Leiters schnellstens ohne Ausrückung des Vorderständers bewerkstelligen zu können. Man schiebt den Vorderständer mit gelinder Pressung an, damit hinreichend Reibung entsteht, um das Leiterrechteck in jeder Stellung festzuhalten. Um ein Anstoßen der Heftzwecken an den Hinterständer zu verhüten, ist noch eine lose Kartonscheibe G auf den Zapfen D geschoben. (Fig. 1.)

Außer dem beschriebenen Leiterrechteck von 2 cm Breite bedarf es noch eines zweiten von doppelter Breite, um zu zeigen, daß die Wirkung der Länge des Stromelements direkt proportional ist. Dasselbe bleibt indessen ohne Teilkreiseinrichtung.

Zur Betätigung des Apparats wird das Leiterrechteck zugleich mit einem Rheostaten und Strommesser in den Kreis einer 6-zelligen, mit Walzenpachytropen versehenen Bleisammlerbatterie geschaltet. Die normale Stromstärke von etwa 1,7 Ampere ergibt sich bei der 4 Volt-Schaltung, da der Widerstand des Rechtecks ungefähr 2,3-Ohm beträgt. Nach 1 Minute wird der Strom hinreichend konstant.

Bei der ersten Ingangsetzung und Prüfung muß die Stellung des Leiterrechtecks, bei der eine Ablenkung der Nadel nicht eintritt, ausfindig gemacht werden. Bei dieser soll am Teilkreis genau Null angezeigt werden. Falls dies nicht zutrifft, muß die Kartonscheibe um den Betrag der Abweichung nach rechts oder links verstellt werden.

Vor der Klasse kommt der Apparat selbstverständlich erst zur Verwendung, nachdem die eigenartige Wechselwirkung zwischen Strom und Magnetpol durch die üblichen Experimente festgestellt und die Amperesche Schwimmregel gehörig eingeübt worden. Auch die Einrichtung der Magnetometerbank mit der Lichtzeignadel ist schon bekannt. Somit sind die Schüler mit der Wirkungsweise unseres Apparats so weit vertraut, um einzusehen, daß nur das kurze Stromstück über der Nadel ablenkend wirkt, die beiden Langseiten aber nicht. Nun sehen sie zunächst, wie dieses Stromstück je nach dem Stellungswinkel ganz verschiedene Ausschläge hervorruft, daß bei vertikaler Stellung des Stromes die Lichtmarke auf Null bleibt, beim Herausgehen aus dieser Stellung erst schnell, dann langsamer im Sinne der Ampereschen Regel vorrückt und bei 90° die äußerste Stellung einnimmt.

Es muß sich nun sofort der Trieb regen, den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Stellungswinkel und Nadelausschlag zu erforschen. Bevor wir aber dieser

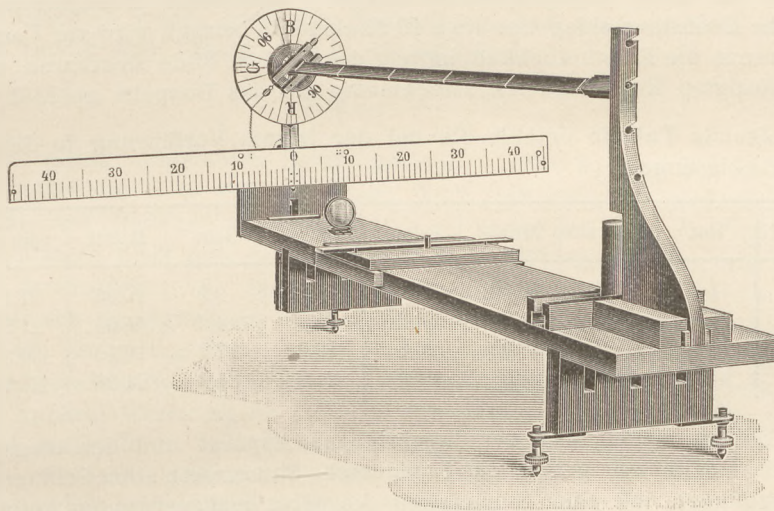


Fig. 2.

Untersuchung näher treten, bleibt zu überlegen, ob bei schiefen Winkeln nicht auch die langen Seiten des Leiterrechtecks die Größe der Nadelablenkung beeinflussen können, obwohl das von ihnen erzeugte magnetische Feld in die Richtung des Erdfeldes fällt. Es ist einleuchtend, daß jede von ihnen die Richtkraft der Erde, je nachdem, verstärken oder vermindern muß. Ein einfacher Versuch kann das bestätigen. Wird ein Strom in westöstlicher Richtung über eine Kompaßnadel hinweggeführt, so macht sie angestoßen schnellere Schwingungen als unter dem Einfluß der Erde allein. Umgekehrt bewirkt ein ostwestlicher Strom Verlangsamung und bei einiger Stärke Umschlagen. Nebenbei bemerkt wird man diese wichtige Ergänzung des Örstedschen Grundversuchs in Schul- und Lehrbüchern meist vergeblich suchen. Auf unsern Fall angewendet, wird also der Strom in der oberen Seite des schrägstehenden Leiterrechtecks je nach seiner Richtung die erdmagnetische Richtkraft entweder verstärken oder abschwächen; die untere Seite wirkt im entgegengesetzten Sinne; da sie aber der Nadel näher liegt, überwiegt ihr Einfluß. Somit bleibt also ein Überschuß zugunsten des jedesmal untenliegenden Stroms. Der beobachtete Ausschlag muß also entweder größer oder kleiner ausfallen als bei alleiniger Anwesenheit des vorderen Stromelements. In der Tat ergeben sich bei Kommutierung des Stroms erhebliche Unterschiede der Nadelausschläge. Um also den wahren Wert der vom vorderen Stromelement ausgehenden Kraft zu erhalten, muß man solche Doppelbeobachtungen ausführen und das Mittel nehmen. Die jedesmalige Stromumkehr geschieht ohne weiteres durch

Drehung des Leiterrechtecks um 180° , d. h. von einem Teilstrich im weißen Quadranten auf den gleichen im Grün, oder von Blau zu Rot. Nebenbei wird durch solche Doppelbeobachtungen auch der Fehler eliminiert, welcher daraus entspringen kann, daß der vordere Strom nicht genau senkrecht zur Längsachse liegt. Trotz der Doppelbeobachtung erfordert die Ermittlung und Niederschrift von 4 Werten kaum 2 Minuten. Mehr als 4 sind aber auch nicht nötig, um daraus das Sinusgesetz zu erkennen. Man hat sich nur an die natürlichen Hauptwinkel 90° , 60° , 45° , 30° zu halten. Die Tatsache, daß der Ausschlag nicht bei 45° , sondern bei 30° auf die Hälfte des von 90° hinabgeht, deutet sofort auf die Sinusfunktion. Um volle Gewißheit zu erlangen, dividiert man die beiden anderen Ausschläge durch $\sin 60$ und $\sin 45^\circ$ und erhält Quotienten, die ebenfalls dem Wert des Ausschlags bei 90° gleich sind. Eine Stichprobe mit irgendeinem beliebigen Winkel ergibt schließlich genau den nach dem gefundenen Gesetze vorauszusagenden Ausschlag.

Da bei der oben angegebenen Stromstärke und einem Abstände von 20 cm der natürliche Höchstausschlag nur etwa 10 Skalenteile beträgt, wird zur Verringerung der Fehlergrenze die Empfindlichkeit mittels des in dem Bilde sichtbaren, auf einem Schlitten befestigten Richtmagneten zweckmäßig auf das Doppelte gebracht.

Die folgende Tabelle enthält die bei der letzten Vorführung in dieser Weise gewonnenen Ablesungen.

	Rot	Blau	Mittel	$:\sin \varphi$	Weiß	Grün	Mittel	$:\sin \varphi$
30°	11,6	9,4	10,50	21,0	11,2	9,9	10,55	21,1
45°	16,1	13,8	14,95	21,2	15,9	14,2	15,05	21,2
60°	19,0	17,1	18,05	20,8	19,0	17,2	18,10	20,9
90°	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,00	21,0

Diese Zahlen zeigen, daß der beschriebene Apparat und das eingeschlagene Verfahren die Möglichkeit geben, das Laplacesche Sinusgesetz allen Schülern sichtbar induktiv aufzufinden, mit einer Genauigkeit, die selbst hochgespannten Anforderungen genügen wird. Und dabei sind alle diese 16 Einstellungen und Ablesungen binnen $3\frac{1}{2}$ Minuten ausgeführt worden.

Ebenso einfach und schnell gestaltet sich die induktive Auffindung der übrigen im Laplaceschen Grundgesetz enthaltenen Beziehungen. Nach Entfernung des Richtmagneten bewirkt unser Stromelement von 2 cm Länge im Abstände von 20 cm bei normaler Stromstärke (1,78A) eine Ablenkung von 10,9 Skalenteilen für $\varphi = 90^\circ$. Legte man dann das Leiterrechteck in das Lager von halber Höhe, so ging die Lichtmarke auf 44,6. Bei halber Stromstärke erfolgte in 20 cm Abstand der Ausschlag 5,6. Danach ist die ablenkende Kraft direkt proportional der Stromstärke und indirekt proportional dem Quadrat des Abstandes. Einige Stichproben in 15 oder 25 cm Abstand mit gleicher oder veränderter Stromstärke bringen volle Bestätigung. Dies gilt nicht nur für die rechtwinklige Lage, sondern auch für irgendeinen bestimmten schiefen Winkel.

Endlich ersetzen wir dieses Leiterrechteck von 2 cm Breite durch das erwähnte von 4 cm Breite und beobachten bei gleicher Stromstärke und 20 cm Abstand einen Ausschlag von 22,6.

Die Gesamtheit vorstehender Versuche führt zur Aufstellung des Satzes, daß die von einem Stromelement in einem Punkt hervorgerufene magnetische Feldstärke ausgedrückt wird durch die Formel $F = c \frac{Jl \sin \varphi}{r^2}$. Der Faktor c wird 1, wenn F und J in absoluten Einheiten des elektromagnetischen Systems ausgedrückt werden; wenn J in Ampere gegeben, ist $c = 0,1$.

Selbstverständlich wird ein magnetisches Teilchen von der Stärke μ in dem betreffenden Punkt mit einer Kraft $k = \mu \frac{Jl \sin \varphi}{r^2}$ angetrieben. Bekanntlich wird das Laplacesche Grundgesetz allgemein mit dieser Formel zum Ausdruck gebracht. Es liegt aber auf der Hand, daß der Faktor μ eine fremde, willkürliche Größe ist, welche dem Stromfelde und deren Gesetze gar nicht angehört. Indessen läßt sich auch zeigen, daß ein doppelt so großes μ in dem nämlichen Stromfelde auch mit doppelter Kraft angetrieben wird. Man braucht nur bei sonst gleichen Verhältnissen eine andere Nadel mit anderer Polstärke einzustellen und zu zeigen, daß sie die nämliche Ablenkung erfährt. Ich verfüge über 3 vollständige Luftzeignadeln der in dieser Zeitschr. XXII, 1 beschriebenen Konstruktion, von denen zwei 8 mm Länge, aber verschiedene Breite haben, während die dritte 10 mm lang und ebenso breit ist. Alle geben bei galvanometrischen wie bei magnetometrischen Untersuchungen an derselben Stelle des Erdfeldes die gleichen Ausschläge.

Den Beschluß macht noch die Feststellung, daß unsere Ziffern auch absolut genommen richtig sind. Setzen wir in die Gleichung

$$\mu H \operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu J l \sin \varphi}{r^2}$$

gemäß dem vorhin mitgeteilten Befund $\sin \varphi = 1$, $l = 2$, $r = 20$, $\operatorname{tg} \alpha = 10,9/200 = 0,0545$, außerdem $H = 0,167$, welcher Wert sich aus oft wiederholten Bestimmungen für den Nadelort ergeben hat¹⁾, so berechnet sich $J = 1,81$. In jeder der 10 Windungen fließt also der Strom 1,81 Amp. Wie angegeben, war die wirklich gemessene Stromstärke 1,78. Die Übereinstimmung ist in Anbetracht des Umstandes, daß es praktisch unmöglich ist, die Schmalseite des Leiterrechtecks auf Haaresbreite genau auf die Länge von 2 cm zu bringen, als eine befriedigende zu bezeichnen. —

Die mitgeteilten Beobachtungen lieferten im Verein mit hundert andern den Beweis, daß unser Apparat Werte ergibt, die ohne Korrektur gut in die Laplacesche Formel passen und somit deren induktive Auffindung ermöglichen. Gleichwohl kann, hier wie bei allen magnetometrischen und galvanometrischen Messungen, nur eine angenäherte Genauigkeit erreicht werden. Auch die Schüler müssen darauf hingewiesen werden. Es sind aber die Abmessungen so zu wählen, daß der Fehler unter 1% bleibt.

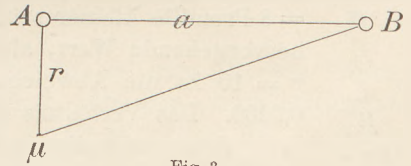


Fig. 3.

Erstens muß das Leiterrechteck im Vergleich zum Abstande lang genug sein, um die Wirkung des hinteren Stromelements vernachlässigen zu können. In Fig. 3 sei A das im Abstande r wagerecht über der Nadel μ liegende Stromelement, B das im Abstand a befindliche andere Stromelement. Dann ist für A $k_I = \frac{J \mu l}{r^2}$, für B $k_{II} = J \mu l \cdot a / (r^2 + a^2) \sqrt{r^2 + a^2}$. Denkt man sich a als Vielfaches von r und setzt $a = nr$, so wird $k_{II} = k_I (1 + n^2)^{-3/2}$. Bei 100 cm Länge ist für

$r =$	20	15	10
$n =$	5	6,66	10
$(1 + n^2)^{-3/2} =$	0,007	0,0033	0,0010

¹⁾ Seit Ostern 1910 befinden sich unsere physikalischen und chemischen Lehr-, Sammlungs- und Arbeitsräume im Erdgeschoß eines neuen Anbaus. Dieser ruht auf langen Pfählen von Eisenbeton. Auch Wände und Decken bestehen zum Teil aus Eisenbeton. Deshalb sind die erdmagnetischen Verhältnisse innerhalb des Gebäudes ganz unregelmäßig. Die Horizontalintensität schwankt in Tischhöhe von 0,16 bis 0,20. Sie ist rechts auf meinem Experimentiertisch im Nordauditorium, da, wo die Lichtzeignadel ihren Platz hat, 0,167; am linken Ende, 3 m entfernt von diesem Ort, ist sie 0,178.

Demnach ist das Korrektionsglied annähernd dem Kubus von n umgekehrt proportional und bleibt für $r = 20$ cm noch erheblich unter einem Prozent. —

Die zweite Korrektion wird wegen der nicht unbeträchtlichen Länge des wirkenden Stromstücks erforderlich. Der wahre Wert des Kraftintegrals eines linearen Stroms bei Normallage ist gemäß Fig. 4

$$k = \frac{J\mu}{r} 2 \sin \alpha = \frac{J\mu}{r} l \left[r^2 + \left(\frac{l}{2} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}.$$

Setzt man $l/2 = nr$, so ergibt sich

$$k = \frac{J\mu l}{r^2} \cdot (1 + n^2)^{-\frac{1}{2}}.$$

Da aber $\frac{J\mu l}{r^2} = k_I$ der aus der Laplaceschen Formel hervorgehende Wert ist, folgt, daß

$$k_I = k \sqrt{1 + n^2}.$$

Für unsern Fall ist $l/2 = 1$, also für

$r =$	20	15	10
$n =$	$1/20$	$1/15$	$1/10$
$\sqrt{1 + n^2} =$	1,0012	1,002	1,004

Es bleibt demnach im ungünstigsten Falle, ebenso wie für $l/2 = 2$ und $r = 20$, die Korrektion unter einem halben Prozent.

Nun ist zu bemerken, daß die Kenntnis der absoluten Fehlergröße an sich nur theoretisches Interesse hat. Für den praktischen Unterrichtsbetrieb gilt es zu wissen, ob unser Stromelement von 2 cm Länge in 10 cm Abstand auch mit hinreichender Genauigkeit 4mal größeren Ausschlag bewirken wird als in doppeltem Abstand.

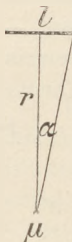


Fig. 4.

Nach der vorangegangenen Berechnung muß für $r = 20$ die Kraft, welche von der Nadel angezeigt wird, um $7 + 1 = 8$ Promille kleiner sein als der aus der Laplaceschen Formel hervorgehende Wert, also $J\mu \cdot 0,00496$ statt $J\mu \cdot 0,00500$. Für $r = 10$ ist die Abweichung $1 + 4$ Promille, mithin $0,0199$ statt $0,0200$. Das Verhältnis von $0,0199$ zu $0,00496$ ist aber $4,03$.

Zweitens wollen wir wissen, ob der 4 cm-Strom in 20 cm

Abstand doppelt so stark ablenken wird wie der 2 cm-Strom.

Der wahre Wert der Kraft ist um $7 + 4$ Promille zu niedrig, also $\mu J \cdot 0,00989$ statt $\mu J \cdot 0,01000$. Der Quotient $0,00989/0,00496$ ist aber $1,99$. Somit steht fest, daß unsere Versuchsanordnung in bezug auf l und r eine gute Bestätigung des Laplaceschen Grundgesetzes gewährleistet.

Weit umständlicher wird die Korrektionsrechnung bezüglich des Sinusgesetzes. Sie darf aber nicht außer acht bleiben, weil man sich von vornherein sagen muß, daß in der Schrägstellung wegen der erheblichen Abstandsunterschiede des oberen und unteren Endes des Stromstücks größere Korrektionen nötig werden als in der Normallage.

Das genaue Kraftintegral ist gemäß Fig. 5

$$k = \frac{J\mu}{\rho} (\sin \alpha' - \sin \alpha''),$$

während nach der Laplaceschen Formel unter Voraussetzung eines verschwindend kleinen l

$$k_I = \frac{J\mu l}{r^2} \sin \varphi.$$

Der funktionale Zusammenhang der Differenz $k - k_I$ mit φ oder r und l ist offensichtlich überaus verwickelt. Es bleibt nichts weiter übrig, als $k - k_I$ von Fall

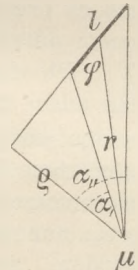


Fig. 5.

zu Fall auszurechnen, was sehr umständlich ist und siebenstellige Logarithmen erfordert. Unser damaliger Seminarkandidat Gebhardt hat sich das Verdienst erworben, die Rechnung für so viele Werte von φ bei $r = 20$ und $l = 2$ durchgeführt zu haben, daß man durch Eintragung von φ und $(k - k_1)$ in ein rechtwinkliges Koordinatensystem den Verlauf der Funktion hinreichend genau ersehen kann. Es ergibt sich eine wellenförmige Kurve, welche ungefähr bei $\varphi = 30^\circ$ ihren positiven Höchstwert erreicht, bei $\varphi = 63$ Null wird, dann ins Negative übergeht und bei 90° zu einem Minimum gelangt, dessen Betrag etwa $\frac{3}{4}$ des Maximalbetrags ist.

Vom praktischen Standpunkt aus kommt nun für uns die entscheidende Frage: Wird der für $\varphi = 30^\circ$ angezeigte Wert mit befriedigender Genauigkeit halb so groß sein wie der bei $\varphi = 90^\circ$.

Die nachfolgende Tabelle enthält die für uns wichtigen genauen Kraftintegrale linearer Ströme für 90° und 30° nebst den Quotienten beider

l	r	k_{90}	k_{30}	q
2	20	0,004994	0,002508	1,991
2	10	0,019900	0,010138	1,964
4	20	0,009950	0,005069	1,963
9	15	0,0384	0,0226	1,700

Wenn man also mit den 2 cm Strom im Abstände von 20 cm das Sinusgesetz bestätigt, wird der Ausschlag bei 30° nur um $\frac{1}{2}$ Prozent zu groß werden. Dagegen gibt ein 4 cm langes Stromstück bereits ein Zuviel von fast 2 Prozent. Das letzte Beispiel entspricht der eingangs erwähnten Versuchsanordnung von Bahrdt.

Ein Apparat zur Bestimmung von g durch den freien Fall.

Von

Dr. Paul Gehne.

Der im folgenden beschriebene Fallapparat beruht auf dem gleichen Prinzip, das bereits Herr E. Zerbst¹⁾ zur Ausführung seiner hübschen Freihandversuche benutzte. Diese Versuche gaben auch den Anstoß zur Konstruktion des Apparates.

Eine Reihe von kleinen Kugeln durchfällt nacheinander einen bestimmten Fallraum, und zwar so, daß jedesmal genau in dem Moment, in dem die eine Kugel am Ende ihrer Fallbahn auf den Boden aufschlägt, die nächste Kugel ausgelöst wird. Man kann so eine beliebige Anzahl von Kugeln nacheinander fallen lassen und mit Hilfe einer Stoppuhr oder auch einer einfachen Taschenuhr die Gesamtfallzeit der Kugeln bestimmen. Um daraus die Fallzeit einer Kugel zu finden, hätte man die gemessene Zeit nur durch die Anzahl der gefallen Kugel zu dividieren, falls die in diesem Falle elektromagnetisch betätigte Auslösevorrichtung keine Zeit beanspruchte. Da dies natürlich nicht der Fall ist, muß diese Auslösungszeit besonders bestimmt werden. Das kann dadurch geschehen, daß man den Versuch mit zwei verschiedenen Fallhöhen anstellt. Die Auslösungszeit wird in beiden Fällen die gleiche sein und ist eine Konstante des Apparates.

Dadurch, daß an die Stelle der freihändigen Auslösung eine automatisch wirkende Vorrichtung tritt, ist es möglich, Resultate von bemerkenswerter Genauigkeit zu erhalten.

Bezeichnet man die Apparatkonstante mit A , so hat man, wenn man die für n_1 Kugeln gefundene Zeit bei einem Fallraum von s_1 mit $n_1 A_1$ bezeichnet und die gesuchte reduzierte Fallzeit für eine Kugel mit t_1 ,

¹⁾ E. Zerbst, Diese Zeitschr., S. 151. 1913.

oder

$$1. \quad n_1 \cdot A_1 = n_1 t_1 + n_1 \Delta$$

$$A_1 = t_1 + \Delta$$

ebenso für die Fallhöhe s_2 , wenn die Zeit für n_2 Kugeln $n_2 A_2$ ist

$$2. \quad A_2 = t_2 + \Delta.$$

Da sich die Fallräume wie die Quadrate der Fallzeiten verhalten, ist ferner $t_2 = t_1 \sqrt{\frac{s_2}{s_1}}$; setzt man dies in Gl. 2 ein, so folgt: $A_2 = t_1 \sqrt{\frac{s_2}{s_1}}$, und durch Subtraktion dieser Gleichung von Gl. 1 folgt

$$3. \quad t_1 = \frac{A_1 - A_2}{1 - \sqrt{\frac{s_2}{s_1}}},$$

ganz ähnlich erhält man

$$4. \quad t_2 = \frac{A_1 - A_2}{\sqrt{\frac{s_1}{s_2}} - 1}.$$

Aus den so erhaltenen reduzierten Fallzeiten berechnet sich in einfacher Weise der Wert von g .

Ebenso kann man natürlich aus den Gleichungen auch Δ bestimmen. Hat man diese Apparatkonstante dann einmal bestimmt, so hat man bei späteren Versuchen die Größe einfach von der unreduzierten Fallzeit A abzuziehen, um die wahre Fallzeit zu erhalten. In dieser Weise ist der Apparat dann außer zur Bestimmung von g auch für die Ableitung der Fallgesetze am freien Fall geeignet.

Praktische Ausführung des Apparates.

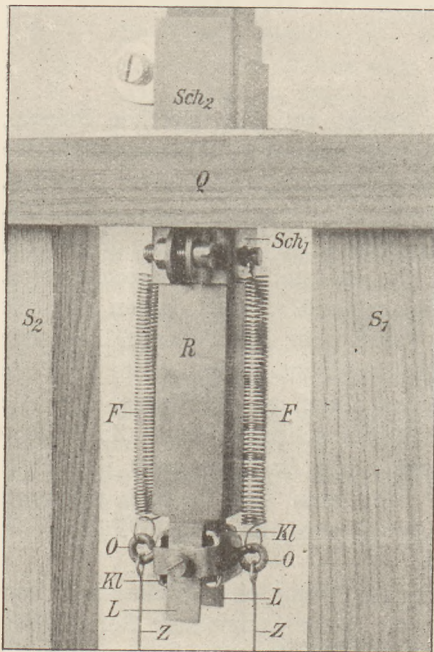


Fig. 1.

Die zu den Versuchen benutzten Kugeln waren Eisenkugeln von 13 mm Durchmesser, die zufällig zur Verfügung standen. Es lassen sich natürlich auch beliebige andere Kugeln (Marmeln) benutzen, nur ist zu beachten, daß sie möglichst gleiche Größe haben (Aussondern durch Siebe) und keine allzugroßen Abweichungen von der Kugelgestalt aufweisen. (Exakte Kugelgestalt ist aber durchaus nicht erforderlich.) Nach dem Durchmesser der Kugeln müssen sich die Dimensionen der eigentlichen Auslösevorrichtung richten. Diese hat gewisse Ähnlichkeit mit dem Echappement einer Uhr und wird durch Fig. 1 veranschaulicht (ungefähr $\frac{2}{3}$ nat. Gr.).

Ein 10 bis 12 cm langes Messingrohr R von quadratischem Querschnitt, der so bemessen sein muß, daß die zu benutzenden Kugeln glatt hindurchfallen, ohne übermäßig großen freien Spielraum zu haben, trägt an seinem unteren Ende zwei Lappen L . An diesen Lappen sind ein Paar messingene Doppelklauen Kl drehbar befestigt. In der Rückwand dieser Klauen ist eine Öse O eingenielt. In diese Ösen greifen spiralige Zugfedern F ein, deren andere Enden an einer auf dem Rohr R verschiebbaren und durch eine Schraube festzuklemmenden Schelle Sch_1 befestigt sind. Durch Verstellen dieser Schelle kann man die Feder-

spannung und damit die Kraft regulieren, mit der die Klauen in ihrer oberen Lage festgehalten werden. In die Öse O greifen ferner ein Paar nach unten gerichtete und aus dünnem Stahldraht gebogene Zugstangen Z ein, mittels derer man die Klauen nach unten ziehen kann.

Bringt man nun eine Anzahl Kugeln übereinandergeschichtet in das Rohr R , so bleibt die unterste auf dem oberen Rande der beiden Klauen liegen (Stellung I), (vgl. die schematische Fig. 2), zieht man die Klauen an den Zugstangen Z nach unten, so entfernen sich die oberen Klauenränder voneinander, so daß die unterste Kugel zwischen ihnen hindurchfallen kann (Stellung II). Die Klauen müssen nun so bemessen sein, daß bei der unteren Stellung

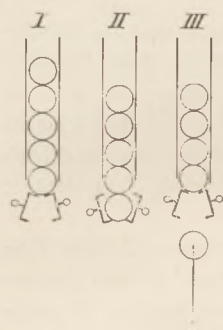


Fig. 2.

der Klauen die Kugel jetzt von den unteren Klauenrändern festgehalten wird. Beim Loslassen der Zugstangen werden die Klauen durch Federkraft wieder nach oben gezogen und die Kugel fällt frei nach unten heraus (Stellung III). Beim erneuten Anziehen der Zugstangen tritt eine zweite Kugel zwischen die Klauen und fällt beim Nachlassen des Zuges ebenfalls frei hinab usw. Beim abwechselnden Anziehen und Wiederloslassen der Zugstangen beginnt also jedesmal beim Loslassen eine Kugel frei zu fallen. Dieses Anziehen und Loslassen der Zugstangen wird nun elektromagnetisch besorgt.

Zu diesem Zweck ist (Fig. 3) auf einem festen Grundbrett ein ziemlich kräftiger Elektromagnet E befestigt. Sein Anker A ist ungefähr in der Mitte eines aus Aluminiumblech (zur Herabsetzung der Trägheit) hergestellten einarmigen, vorn gabelförmig gestalteten Hebels H befestigt. Seine Achse ist im oberen Ende eines aus starkem Messingblech gebogenen Lagerblockes B gelagert. Kleine, auf den Magnetpolen befestigte Messingscheibchen verhindern eine direkte Berührung des Ankers, seine Bewegung nach oben ist durch eine Schraube $Schr$ begrenzt. Diese wird von einem Messingstäbchen getragen, das unten in der Verbindungsplatte des Elektromagneten befestigt ist und durch eine Durchbohrung der Ankerplatte hindurchgeht.

Zu beiden Seiten vom freien Ende des Hebels H sind ein paar kräftige vierkantige Holzsäulen S_1 und S_2 auf dem Grundbrett befestigt, die einen hölzernen Querbalken Q tragen. Durch eine vierkantige Durchbohrung in der Mitte dieses Querbalkens geht das in einer Schelle Sch_2 festgeklemmte Fallrohr R hindurch. Die unteren Enden der Zugstangen Z werden in die am Ende des Hebels eingienieteten Haken h eingehängt. Durch Verstellen von Sch_1 werden die Zugfedern mäßig straff gespannt, so daß sie den Hebel mit seinem Anker nach oben ziehen. Durch Verschieben des Rohres R nach Lösen von Sch_2 einerseits und durch Regulieren an der Schraube $Schr$ andererseits kann man nun die durch den Elektromagneten bewirkte Auf- und Abwärtsbewegung der Klauen Kl so einregulieren, daß das oben beschriebene

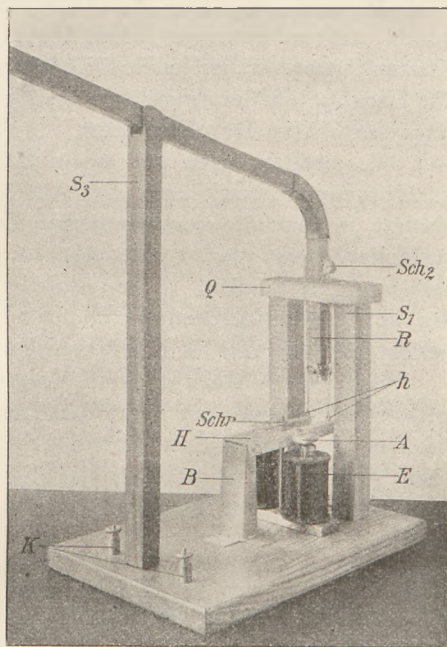


Fig. 3.

Spiel der Kugeln exakt vor sich geht, ohne daß die Klauen sich dabei mehr bewegen, als gerade nötig ist.

Um den Apparat mit einer größeren Anzahl von Kugeln, als in dem Rohre R Platz hat, laden zu können, ist ein Reservoir in Gestalt einer längeren Rinne angebracht, deren eines Ende durch ein Kniestück mit R abnehmbar verbunden ist, und deren anderes Ende auf einer Holzsäule S_3 ruht. Auf diese Weise finden in dem Apparate etwa 40 bis 50 Kugeln gleichzeitig Platz.

Die Enden der Elektromagnetwicklung sind zu 2 Klemmschrauben K geführt. Schließt man an diese unter Zwischenschaltung eines Stromschlüssels eine Stromquelle an, so tritt bei jedem Stromschluß eine Kugel in den Raum zwischen den Klauen, während bei jeder Unterbrechung eine Kugel frei nach unten fällt. Um das Herabfallen der Kugeln zu ermöglichen, hat das Grundbrett senkrecht unter dem Fallrohr R eine Durchbohrung.

Es braucht nun nur noch dafür gesorgt zu werden, daß eine solche Stromunterbrechung und damit das Auslösen einer neuen Kugel gerade in dem Moment eintritt, in dem die vorhergehende Kugel ihren Fall beendet hat. Dies läßt sich in einfacher Weise dadurch erreichen, daß man die Kugeln auf den Stromschlüssel selbst auffallen läßt, so daß dabei der Stromschlüssel niedergedrückt und dadurch der Strom unterbrochen wird. Der Stromschlüssel hat zu diesem Zweck eine Gestalt bekommen, die Fig. 4 in einer schematischen Seitenansicht zeigt.

Auf einem starken Grundbrett G von ungefähr 15.20 cm Größe befinden sich an der Schmalseite ein Paar Achsenlager A , in denen ein zweites, fast ebenso großes leichtes, aber festes Brettchen B drehbar gelagert ist. Es wird durch Federn F nach oben gedrückt und schließt dabei einen regulierbaren Platinkontakt Pl ; seine Bewegung nach unten ist durch eine Regulierschraube S begrenzt. Diese Unterbrecher-

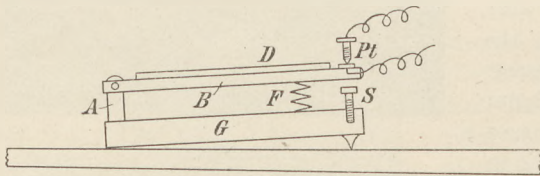


Fig. 4.

vorrichtung wird nun senkrecht einige Meter unter dem Fallapparate aufgestellt, so daß die herabfallenden Kugeln die Mitte des federnden Brettchens B berühren, zur Schalldämpfung ist es mit einer Gummi- oder Lino-leumscheibe D belegt. Damit die aufprallenden Kugeln seitlich abspringen

und nicht zum zweiten Male das Kontaktbrettchen berühren, ist die ganze Unterbrechervorrichtung durch ein Paar spitze Füße schief und unverrückbar aufgestellt, um ein allzuweites Umherspringen der Kugeln zu vermeiden, am besten in einer größeren Kiste.

Nach erfolgter passender Aufstellung von Fallapparat und Unterbrechervorrichtung füllt man das Reservoir mit einer Anzahl von Kugeln, stellt die Stromverbindungen her und bewirkt dann durch einen leichten Schlag auf die Unterbrechervorrichtung oder auch durch einen besonders eingeschalteten federnden Stromschlüssel die erste Unterbrechung. Im Moment des Aufschlagens der dadurch ausgelösten Kugel löst man die Stoppuhr aus und zählt nun, bei der nächsten Kugel mit 1 beginnend, die fallenden Kugeln. Ist eine genügende Anzahl gefallen, so arretiert man beim Auftreffen der n ten Kugel die Uhr und liest die Zeit $n \cdot A$ ab.

In der umstehenden Tabelle sind die Ergebnisse von 3 Versuchsreihen mitgeteilt, die mit einer der oben beschriebenen ähnlichen provisorischen Vorrichtung erhalten wurden.

Aus den Werten für I und II berechnet sich

$$t_I = 1,289, \quad t_{II} = 0,907.$$

Aus beiden Fallzeiten ergibt sich natürlich derselbe Wert für g , in diesem Falle $g = 978,3$ cm. Subtrahiert man t_I oder t_{II} von A_I bzw. A_{II} , so erhält man die Apparat-

konstante $\Delta = 0,033_1$ sec. Mit deren Hilfe kann man nun einfach A_{III} reduzieren und erhält $A_{III} - \Delta = t_{III} = 0,705_6$ und daraus $g = 978,2$ cm. Die vollkommene Übereinstimmung dieses Wertes mit dem davon rechnerisch unabhängigen aus den Reihen I und II gewonnenen legt die Vermutung nahe, daß die bestehende Differenz von etwa -3 cm gegenüber dem wirklichen Werte von g für Königsberg auf einen Fehler in der Bestimmung der Fallhöhe zurückzuführen ist (vgl. die Fehlerberechnung bei Zerbst a. a. O.), und läßt es fast berechtigt erscheinen, danach die Höhenmessung auf den richtigen Wert zu korrigieren (zur Messung diene ein gewöhnliches Bandmaß). Ich hatte jedoch keine Gelegenheit mehr, die Berechtigung dieser Annahme durch weitere Versuche zu prüfen.

I. Reihe $s = 813$ cm		II. Reihe $s = 403$ cm			III. Reihe $s = 243,5$ cm	
Zeit $n \cdot A$ beobacht. in sec.	Anzahl der Kugeln n .	Zeit $n \cdot A$ beobacht. in sec.	Anzahl der Kugeln n .	$\frac{n \cdot A}{n}$	Zeit $n \cdot A$ beobacht. in sec.	Anzahl der Kugeln n .
39,8	30	37,8	40	0,941	22,0	30
39,8	30	37,4	40		22,2	30
39,6	30	32,8	35	0,937	22,2	30
39,8	30	30,0	32	0,938	22,4	30
39,4	30	23,4	25	0,936	22,2	30
39,6	30	33,2	35	0,948	22,0	30
		32,8	35	0,937	22,2	30
		33,0	35	0,943	22,2	30
		14,2	15	0,946	22,0	30
$A_I = 1,322_2$		$A_{II} = 0,940_8$			$A_{III} = 0,738_7$	

Wie man aus der Tabelle ersieht, liegen die Fehler in den einzelnen Zeitbestimmungen innerhalb der mit einer Stoppuhr erreichbaren Meßgenauigkeit. Der Apparat selbst dürfte mit großer Gleichmäßigkeit arbeiten, und es ist anzunehmen, daß man unter Benutzung einer größeren Anzahl von Kugeln schon durch einen Versuch Resultate von fast gleicher Exaktheit wie die obigen erhält. Dadurch ist auch die Möglichkeit gegeben, auch bei geringeren Fallhöhen befriedigende Resultate zu erzielen. Die Versuche lassen sich dann bequem in einem Zimmer anstellen. Das Kugelreservoir läßt sich durch Ansatzrohre beliebig vergrößern. Um das bei großer Kugelanzahl unbequeme Zählen der Kugeln während des Versuches zu umgehen, kann man so verfahren, daß man beim Aufprallen der vorletzten Kugel, die man noch zur Messung heranziehen will, den Unterbrecherkontakt durch einen besonderen Stromschlüssel kurz schließt und dadurch den Apparat außer Tätigkeit setzt. Von der dann zum Schluß in der Auffangkiste vorhandenen Anzahl von Kugeln hat man eine (die zuerst gefallene) in Abzug zu bringen, um n zu erhalten.

Will man den Apparat für Schülerübungen benutzen, so empfiehlt es sich, die Versuche damit in Anschluß an die Zerbstschen Freihandversuche anzustellen. Diese zeigen zunächst in einfachster und übersichtlicher Weise das Prinzip der Messungen, während jene dann ein ganz instruktives Beispiel dafür bilden können, wie sich die Exaktheit einer Methode einmal durch Verlängerung der Beobachtungsdauer, dann durch Ersatz der menschlichen Tätigkeit durch eine exakt und ohne Ermüdung arbeitende automatische Vorrichtung steigern läßt²⁾.

²⁾ Der Apparat wird von der Firma E. Leybolds Nachf., Köln a. Rh., hergestellt und in den Handel gebracht.

Denk- und Rechenaufgaben zur Himmelskunde.

Von

P. Luckey in Elberfeld.

1. Denke dir vom großen Zeiger einer Uhr so viel abgeschnitten, daß seine Länge nur noch $\frac{1}{5}$ (genauer $\frac{1}{5,20}$) von derjenigen des kleinen Zeigers beträgt (Fig. 1). Im neuen Endpunkt E des großen Zeigers (Erde) befinde sich ein winziges Lebewesen. Dieses Wesen sehe an seinem Horizont in unendlicher Ferne die Stundenpunkte des Zifferblatts 12, 1, 2, 11, die etwa in verschiedenen Farben leuchten mögen (Fixsterne). Ihre Zwischenräume seien mit den Zeichen des Tierkreises benannt: 12 bis 1 = Widder, 1 bis 2 = Stier, 2 bis 3 = Zwillinge, usw. Das Lebewesen sehe ferner den Mittelpunkt des Zifferblatts S als leuchtenden Punkt, als seine Sonne, und wegen der verhältnismäßig ungeheuren Entfernung sehe es ihn „am Himmel“, d. h. unter den „Fixsternen“. Während die Uhr in gewöhnlicher Weise geht, glaube das Lebewesen wie die meisten Menschen vor Kopernikus, sein Standort E sei unbeweglich.

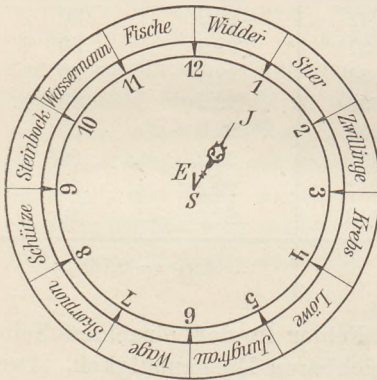


Fig 1

Wie scheint sich die „Sonne“ zu bewegen? Sie scheint zunächst stillzustehen, der „Sternhimmel“ dagegen scheint sich im Verlaufe einer Stunde entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn herumdrehen. Schon der bequemeren Ausdrucksweise zuliebe würden denkende Wesen in E aber bald dazu übergehen, von der Bewegung der Sonne „unter den Fixsternen“ zu reden, sie würden sagen, daß die Sonne „im Sinne des Uhrzeigers“, d. h. in demselben Sinne, in dem die wahre Bewegung von E stattfindet, die Zeichen des Tierkreises durchläuft. Das „Jahr“ dauert demnach eine Stunde. Bezeichne den zuletzt genannten Drehungssinn als rechtläufig.

Von welcher Seite ist die Erd-Sonnenbewegung im Weltenraum zu betrachten, damit sie mit der betrachteten Uhrzeigerbewegung dem Sinne nach übereinstimmt? (vom Südpol des Himmels aus.)

Beachte, daß die hier vorliegende „wahre“ Bewegung von E um S die Verquickung einer rechtläufigen Kreisbewegung mit einer rechtläufigen Drehung ist, da der Punkt E dem Punkte S (wie unser Mond unserer Erde) stets dieselbe Seite zukehrt. Hat dieser Umstand Bedeutung für die gefundene scheinbare jährliche Bewegung der Sonne durch den Tierkreis?

2. Auch der Endpunkt des kleinen Zeigers sei ein leuchtender Punkt J und erscheine dem in E befindlichen Lebewesen als Stern am Himmel. Er entspricht gut dem Planeten Jupiter, da $SE = \frac{1}{5,2} SJ$ gemacht wurde, und er zwölfmal so langsam wie E umläuft.

Kann Jupiter jede beliebige Stellung zur Sonne einnehmen? (Ja.) Wann finden Oppositionen zur Sonne statt? (Wenn die beiden Zeiger [„Leitstrahlen“] sich decken, also um $12^h 0m$, $1^h 5 \frac{5}{11} m$, $2^h 10 \frac{10}{11} m$, usw.; in einem Jupiterjahre 11). Wann finden Konjunktionen statt? (Wenn der eine Zeiger in der Verlängerung des anderen steht, also um $12^h 32 \frac{8}{11} m$, $1^h 38 \frac{2}{11} m$, $2^h 43 \frac{7}{11} m$ usw.; in einem Jupiterjahre 11).

Welche scheinbare Bewegung macht „Jupiter“ unter den „Fixsternen“? Antwort: Nach je zwölf „Erdjahren“ hat ein scheinbarer rechtläufiger Umlauf stattge-

funden, während die „Sonne“ deren 12 gemacht hat. Die genauere Betrachtung zeigt, daß der Stern hierbei 11mal „rückläufig“ wurde, nämlich in den Zeiten um die Oppositionen. Die Figur 2 zeigt die Konstellation im Augenblick 12^h 0 m, in dem gerade der gestutzte große Zeiger den kleinen überholt. Kurz vor diesem Augenblick erscheint „Jupiter“ in J_1 , kurz nachher in J_2 ; er bewegt sich also augenblicklich rückläufig. Die geringe wahre rechtläufige Bewegung von J schwächt diese Rückläufigkeit zwar etwas, kann sie aber nicht aufheben. Ist das auch bei anderen Größen- und Geschwindigkeitsverhältnissen so?

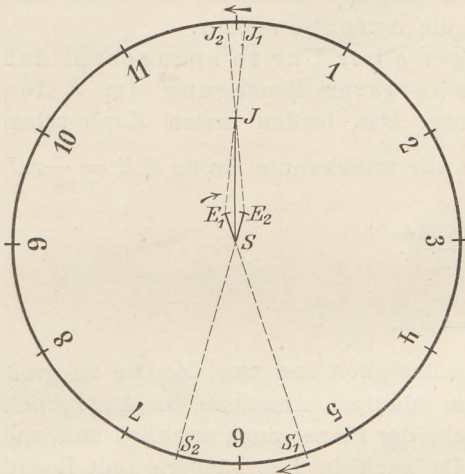


Fig. 2.

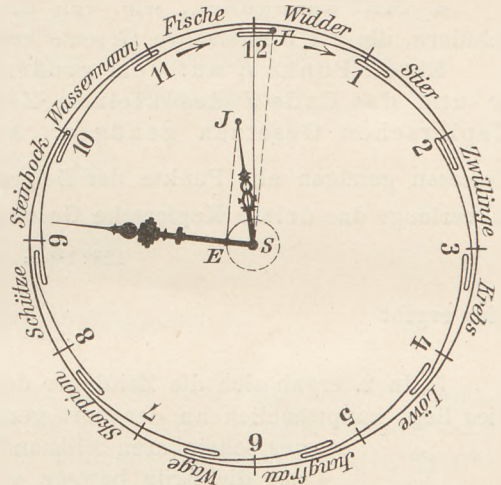


Fig. 3.

In welchem Augenblick beginnt die Rückläufigkeit von J , in welchem hört sie auf? Antwort: Wenn der scheinbar langsamer und langsamer werdende Planet schließlich stillsteht. In diesem Augenblick geht die Erde auf ihn zu. Vernachlässigt man die Bewegung von J gegenüber derjenigen von E , so tritt dies ein, wenn (Fig. 3) das Dreieck SEJ bei E rechtwinklig ist, also wenn

$$\cos ESJ = \frac{1}{5},$$

d. h. wenn der Winkel, den die Zeiger miteinander bilden, $78,5^\circ$ beträgt. Durch Auflösung einer Gleichung ersten Grades findet man, daß dies rund um 14 Minuten vor und um 14 Minuten nach 12 eintritt¹⁾. Die Rückläufigkeit würde demnach etwa 28 Minuten, d. h. fast ein halbes „Jahr“ dauern, und die Sonne würde währenddessen fast sechs Zeichen, nämlich die vom Krebs bis zum Schützen, durchlaufen. In Wahrheit ist Jupiter nur etwa ein drittel Jahr lang rückläufig. Über Ursache und Beseitigung dieser Ungenauigkeit siehe unter 5.

Um für den Augenblick des Rückläufigwerdens den Ort von J unter den „Fixsternen“ (er heiße J') richtig anzugeben, darf man nicht EJ verlängern, sondern man muß durch S zu EJ die Parallele ziehen. Denn gegenüber der Entfernung der Fixsterne sind die Größen des Planetensystems als verschwindend zu betrachten. Die Zeichnung ergibt ebenso wie eine einfache Rechnung, daß sich die Rückläufigkeit auf etwa 9° erstreckt, was den wahren Verhältnissen gut entspricht. In Fig. 3 ist hiernach die scheinbare Jupiterbewegung für ein volles Jupiterjahr eingetragen.

¹⁾ Die Zeigerstellung der Fig. 3 läßt sich mit Zirkel und Lineal nicht konstruieren, da der Winkel $JS(12)$, den der kleine Zeiger mit der Zwölfuhrichtung bildet, der elfte Teil des konstruierbaren Winkels JSE ist. Natürlich kann man die Elfteilung des Bogens mit einem Stechzirkel beliebig genau ausführen.

Wie ändert sich das Bild, wenn die genauere, etwas größere Geschwindigkeit des Planeten benutzt wird?

3. Nimm das beobachtende Lebewesen in J an und betrachte die scheinbare Bewegung von E . Beantworte insbesondere die Fragen: Können Oppositionen stattfinden? Welche scheinbaren Bewegungen führt E in bezug auf die Sonne aus? Die betrachtete Bewegung ist die der Erde vom Jupiter aus gesehen. Sie stimmt der Art nach mit der Bewegung eines unteren Planeten von der Erde aus gesehen überein.

4. Statt anzugeben, wie weit der große Zeiger abzustutzen ist, kann man Schülern, die die Keplerschen Gesetze kennen, die Aufgabe stellen:

Einen Punkt E auf dem großen Zeiger einer Uhr so anzugeben, daß er und das Ende J des kleinen Zeigers in ihrer Bewegung um S den Keplerschen Gesetzen genügen. Auflösung: Den beiden ersten Keplerschen Gesetzen genügen alle Punkte der Zeiger. Ist die unbekannte Größe $SE = \frac{1}{x} SJ$, so verlangt das dritte Keplersche Gesetz:

$$12^2 : 1^2 = SJ^3 : \left(\frac{SJ}{x}\right)^3.$$

Dies ergibt

$$x = \sqrt[3]{12^2} = 5,2.$$

5. In 2. ergab sich die Zeitdauer der Rückläufigkeit fast zwei Monate zu groß. Dies liegt hauptsächlich an der dort gemachten plumpen Annahme, im Augenblick

des scheinbaren Stillstandes stehe der Planet auch wirklich still und nur die Erde bewege sich. Da auch in Lehrbüchern (mit Recht) der Augenblick der Umkehr durch das Ziehen der Tangente $J'E$ (Fig. 3) annähernd bestimmt wird, dürfte es nicht wertlos sein, für den vorliegenden Fall festzustellen, wie die strenge Rechnung das Zahlenergebnis verbessert. In Fig. 4 geben E und J die Stellung der beiden „Planeten“ im Augenblick $12^h 0^m 0^s$ an. Nach der Zeit t sind sie in E_1 und J_1 angekommen. Der scheinbare Ort J' des Planeten J wird durch die Gerade SJ' bestimmt, die parallel E_1J_1 durch S gezogen ist. Der Winkel $\angle(12)SJ' = l$ ist nichts anderes als die „Länge“ des Planeten J' , gemessen vom Punkte 12 des Zifferblatts aus²⁾. Für den Umkehrpunkt ist

$$\frac{dl}{dt} = 0 \tag{1}$$

zu setzen.

Als Längeneinheit werde SE , als Einheit der Winkelgeschwindigkeit die des langsameren Zeigers gewählt. Wählt man ferner als Winkeleinheit 1° , so ist für diese Rechnung die Zeiteinheit 2 Minuten.

Dann ist $\angle JSJ_1 = t$, $\angle ESE_1 = 12t$, folglich

$$\angle J_1SE_1 = \alpha = 11t. \tag{2}$$

Ferner ist

$$\angle E_1J_1S = \beta = \angle J_1SJ' = \angle J_1SJ + \angle JSJ' = t - l. \tag{3}$$

Im Dreieck J_1SE_1 ist $J_1S = 5$ und $SE_1 = 1$, folglich nach dem Sinussatz

$$\sin J_1E_1S = \sin(\alpha + \beta) = 5 \sin \beta,$$

oder, nach 2) und 3)

$$\sin(12t - l) - 5 \sin(t - l) = 0. \tag{4}$$

²⁾ Wir betrachten wie für t so für l den rechtläufigen Drehungssinn als den positiven. In Fig. 4 ist also l negativ, gleich $-\angle(12)SJ'$, oder $\angle(12)SJ' = -l$.

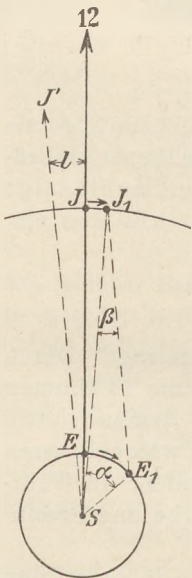


Fig. 4.

Nennt man die linke Seite dieser Gleichung f , so ist

$$\frac{dl}{dt} = -\frac{\frac{\partial f}{\partial t}}{\frac{\partial f}{\partial l}} = \frac{12 \cos(12t-l) - 5 \cos(t-l)}{\cos(12t-l) - 5 \cos(t-l)}$$

Dies ist nach 1) gleich 0 zu setzen, und da der Nenner nicht unendlich groß werden kann, so ergibt sich

$$12 \cos(12t-l) = 5 \cos(t-l). \quad 5)$$

Nach 4) ist

$$12 \sin(12t-l) = 60 \sin(t-l). \quad 6)$$

Durch Quadrieren und Addieren der beiden letzten Gleichungen erhält man

$$144 = 25 \cos^2(t-l) + 3600 \sin^2(t-l) = 25 + 3575 \sin^2(t-l),$$

$$\sin(t-l) = \pm \sqrt{\frac{119}{3575}}, \quad 7)$$

und nach 4)

$$\sin(12t-l) = \pm 5 \sqrt{\frac{119}{3575}}. \quad 8)$$

Die Rechnung ergibt

$$\left. \begin{aligned} t &= \pm 5,0 \text{ Zeiteinheiten} = \pm 10 \text{ Zeitminuten,} \\ l &= \mp 5,5^\circ. \end{aligned} \right\}^3 \quad 9)$$

Der „Planet“ kehrt also um 10 Minuten vor und um 10 Minuten nach 12 scheinbar um, seine Rückläufigkeit würde 20 Minuten, d. h. $\frac{1}{3}$ „Jahr“ dauern, die Länge der Schleife $2l = 11^\circ$ betragen. In Anbetracht der mannigfachen Abweichungen unseres Idealplanetariums von der Wirklichkeit kann man mit diesen Ergebnissen sehr zufrieden sein.

Da der Winkel $\alpha + \beta = 12t - l$ annähernd 66° , der Winkel SE_1J_1 also über 114° beträgt, so weicht das in 2. als rechtwinklig behandelte Dreieck JES (Fig. 3) beträchtlich von dieser Gestalt ab.

Das Vakuumthermoelement als Strahlungsmesser.

Von

Dr.-Ing. W. Voege in Hamburg.

(Mitteilung aus dem Physikal. Staatslaboratorium.)

Nachdem die im Jahre 1906 von mir angegebenen Vakuumthermoinstrumente zum Messen schwacher Wechselströme¹⁾ in großer Zahl hergestellt sind und sich seit Jahren bewährt haben, ist es mir auf Grund der gesammelten Erfahrungen gelungen, einen Vakuumstrahlungsmesser zu konstruieren, welcher sich bei sehr hoher Empfindlichkeit durch große Einfachheit auszeichnet. Da dieser Apparat sich ferner in einfachster Weise aufstellen und handhaben läßt, unveränderlich ist und von Luftströmungen nicht beeinflusst wird, so dürfte er sich unter anderem besonders zu Demonstrationen der Wärmestrahlung und der Verteilung der Strahlungsenergie im Spektrum eignen.

³⁾ Läßt man in 7) und 8) gleichzeitig sowohl t wie l um $\frac{360^\circ}{11}$ oder um ein ganzzahliges Vielfaches dieses Winkels zunehmen, so bleiben diese Gleichungen erfüllt. Hierdurch ergeben sich sofort Zeit und Ort der 10 übrigen Schleifen.

¹⁾ Elektrotechn. Zeitschr. 1906, 20, S. 467 und Physikal. Zeitschr. 1906, 14, S. 498. Katalog 56 von Siemens & Halske, 1912.

Bekanntlich läßt sich die Empfindlichkeit von Thermoelementen auf das Zehnfache und mehr steigern, wenn man dieselben im Vakuum anordnet. Leider ist diese größte Empfindlichkeit in hohem Grade abhängig von der Höhe des Vakuums und vor allem von der Anwesenheit von Wasserdampf. Eine Spur Wasserdampf setzt die Empfindlichkeit eines Vakuumthermoelements ganz bedeutend herab. Man ist deshalb meist gezwungen, das Thermoelement dauernd mit der Luftpumpe in Verbindung zu lassen und von Zeit zu Zeit mit der Gaedepumpe nachzuhelfen. Natürlich ist eine solche Anordnung nur in wenigen Fällen in physikalischen Laboratorien möglich, sie kommt für allgemeinere Verwendung nicht in Betracht. Ebenso ist die kürzlich von PFUND²⁾ beschriebene transportable Entlüftungseinrichtung, bei welcher eine Wehneltkathode mit Batterie sowie ein $110/2000$ Volt-Umformer erforderlich werden, aus denselben Gründen für Schulen u. dgl. ausgeschlossen; ganz abgesehen davon, daß das zur Entlüftung dienende Glasgefäß eine Länge von ca. 17 cm hat bei einem Durchmesser von 3—4 cm, also viel zu unhandlich und zerbrechlich ist. Bei meinem Strahlungsmesser fällt jede Entlüftungsvorrichtung fort, die kleine, die Thermoelemente enthaltende Glaskugel wird nach dem Evakuieren abgeschmolzen und die Höhe und Konstanz des Vakuums wird ähnlich wie bei den Röntgenröhren durch Erhitzung dieser Glaskugel bis zur Rotglut während des längere Zeit fortgesetzten Evakuierens erzielt, wobei jede Spur von Luft und Wasserdampf von den Glaswänden entfernt wird. Die Schwierigkeit bei diesem Verfahren, welches unbedingt haltbare Vakuuminstrumente ergibt, liegt weniger auf seiten der Glastechnik als vielmehr darin, die Verbindungen und Lötstellen der feinen Drähte so herzustellen, daß dieselben die hohen Temperaturen während des Evakuierens aushalten. Erst nach vielen Versuchen ist es mir gelungen, diese Schwierigkeiten zu überwinden. Natürlich muß ein besonders schwer schmelzbares Lot verwendet werden; auch müssen die Thermoedrähte aus einem widerstandsfähigen Material bestehen. Daher mußte von den sog. Hutchins-Legierungen, welche PFUND verwendet, von vornherein abgesehen werden. Diese Legierungen geben zwar eine thermoelektrische Kraft von 120 Mikrovolt für $1^{\circ} C$, sind also dem Eisenkonstantan-Element mit 53 Mikrovolt pro $1^{\circ} C$ hierin überlegen, dafür haben aber die Eisenkonstantan-Drähte die großen Vorzüge der mechanischen Festigkeit und schweren Schmelzbarkeit. Die Thermoelemente in dem neuen Strahlungsmesser bestehen daher aus Eisen und Konstantandrähten von 0,03 bis 0,04 mm Durchmesser; sie sind ausgespannt zwischen Platindrähten von 0,3 mm Stärke. Die wirksamen Lötstellen der Thermoelemente haben eine sehr geringe Masse und folgen allen Änderungen der auffallenden Strahlung fast momentan, während andererseits die Verbindungsstellen der Thermoelemente mit den dicken Platindrähten von der Lichtstrahlung so gut wie gar nicht beeinflusst werden. Eine geringe Änderung des Nullpunktes infolge der Temperaturerhöhung dieser zweiten Lötstellen ist erst nach sehr langer Bestrahlung, wie sie praktisch kaum vorkommt, zu bemerken. Von diesen Elementen sind 4 Stück hintereinander geschaltet und so angeordnet, daß die zu bestrahlenden Lötstellen eine gerade Linie bilden. Natürlich wäre es möglich, auch eine noch größere Zahl von Thermoelementen in einem Apparat unterzubringen. Die Schwierigkeit der Herstellung und dementsprechend der Preis des Apparates wächst aber hierdurch so bedeutend, daß ich mich mit der erreichten Empfindlichkeit — der 5 bis 6fachen der RUBENSSchen Thermosäule — begnügt habe und lieber die Anschaffung von 2 gleichen Strahlungsmessern empfehle. Diese beiden lassen sich in gewissen Fällen — wenn das Galvanometer einen relativ großen Widerstand hat — in Serie schalten, sie lassen sich aber auch, wie ich weiter unten zeigen werde, mit großem Vorteil noch in einer anderen Kombination verwenden. Die Glaskugel zur Aufnahme der Thermoelemente hat einen Durchmesser von etwa 2,5 cm, sie ist an der Vorderfläche

²⁾ Physikal. Zeitschr. 1912, 18, S. 870.

abgeflacht und bis auf das so entstehende vollkommen ebene Fenster von 25 mm Durchmesser auf der Außenseite versilbert. Die Anordnung der Elemente in dieser versilberten kleinen Kugel trägt in Verbindung mit dem passend geformten Auffangtrichter (siehe Fig. 1) in hohem Maße zur Erzielung der hohen Empfindlichkeit bei. Eine einfache Visiervorrichtung ermöglicht eine schnelle Einstellung des Strahlungsmessers auf die zu prüfende Lichtquelle. Das Fenster für den Eintritt der Strahlung besteht aus so dünnem Glase, daß fast 70% der Strahlung der Hefnerlampe durchgelassen werden. Sieht man daher von den ganz langwelligen dunklen Wärmestrahlen ab, welche von diesem Glase absorbiert werden, so ist der Strahlungsmesser zur Messung aller von einem glühenden Körper ausgehenden Strahlen mit Vorteil zu gebrauchen.

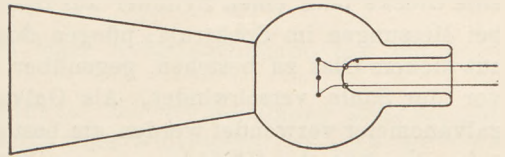


Fig. 1.

Der Vorteil liegt neben der hohen Empfindlichkeit, welche auch den Gebrauch weniger empfindlicher Galvanometer gestattet, vor allem in dem guten Abschluß der Thermolemente von der Luft. Die dünnen Drähte sind vollkommen geschützt und unbegrenzt haltbar und man ist von Luftströmungen vollkommen unabhängig. Der Nullpunkt des Lichtzeigers des Galvanometers behält daher bei Abschluß der Lichtstrahlung seine Lage unverändert bei; die Ausschläge, welche infolge der sehr geringen Masse der Drähte ungemein schnell erfolgen, sind daher scharf und genau abzulesen. Der Lichtzeiger folgt jeder Verschiebung der Thermosäule im Spektrum fast momentan.

Die hohe Empfindlichkeit ist aus folgenden Messungsergebnissen zu ersehen:

Lichtquelle: Metallfadenlampe der A.E.G. 32 K. 110 V. in 130 cm Abstand von dem Strahlungsmesser.

Benutztes Spiegelgalvanometer (mit 1,5 m langem Lichtzeiger)			Ausschlag des Lichtzeigers bei Verwendung	
Siemens & Halske	Empfindlichkeit	Widerstand	der Rubenssäule	des neuen Strahlungsmessers
Lfd. Nr. 16705	1 mm bei 1 m Skalenabstand	10 Ohm	52°	260°
-	= $1,2 \times 10^{-8}$ Amp.	100 -	6°	56°
Lfd. Nr. 16704	= $2,5 \times 10^{-8}$ Amp.	25 Ohm	10°	67°
-		200 -	2°	13°

Handelt es sich um intensivere Strahlungen, z. B. um die Messung einer Lichtquelle in kleinem Abstand oder der Sonnenstrahlung, so ist ein Spiegelgalvanometer entbehrlich, ein empfindliches Zeigergalvanometer reicht dann vollkommen aus.

Mit einem Zeigergalvanometer der Firma Nadir ($1^\circ = 3 \times 10^{-7}$ Amp., 300 Ohm) erhielt ich bei schwacher Sonnenstrahlung im Februar

mit der Rubenssäule: 20° Ausschlag
mit dem neuen Strahlungsmesser: 140° Ausschlag.

Bei Verwendung des empfindlicheren Zeigergalvanometers der Firma Siemens & Halske, Lfd. Nr. 16691 ($1^\circ = 3 \times 10^{-7}$ Amp., 80 Ohm), ging bei derselben Bestrahlung der Zeiger weit über das Ende der Skala hinaus.

Natürlich kann man durch das Vorschalten von Widerstand vor das Galvanometer oder durch Anbringung einer Blende jede gewünschte Empfindlichkeit erhalten.

Der neue Strahlungsmesser besitzt also mit 4 Eisenkonstantenelementen im Vakuum mit Auffangtrichter rund die 5fache Empfindlichkeit gegenüber der Thermosäule nach RUBENS in Luft mit 20 Elementen aus demselben Material. Die RUBENSsche Säule wurde

natürlich bei diesem Vergleich ebenfalls mit Auffangtrichter benutzt. Das Verhältnis zwischen den Angaben der beiden Strahlungsmesser bleibt dasselbe, auch wenn man mit der Spannung an der Glühlampe von 110 bis auf 50 Volt heruntergeht. Überhaupt stört das Glasfenster bei der Untersuchung von Lampen, welche ohnehin eine Glocke oder einen Zylinder aus Glas besitzen, nicht im geringsten; ebensowenig bei Messungen im Spektrum; pflegen doch Linsen und Prisma in den meisten Fällen aus dickem Glas zu bestehen, gegenüber welchem der Einfluß der dünnen Glasscheibe vor der Säule verschwindet. Als Galvanometer kann jedes empfindliche Spiegelgalvanometer verwendet werden, am besten ein solches mit nicht zu großem Widerstand.

Ein derartiger Strahlungsmesser läßt sich natürlich zu den verschiedenartigsten Messungen benutzen, im folgenden sollen einige einfache, besonders instruktive Versuche kurz beschrieben werden.

1. Wärmedurchlässigkeit verschiedener Stoffe. Strahlungsquelle am einfachsten eine elektrische Kohlefadenglühlampe. Der Abstand dieser Lampe von der Thermosäule wird so gewählt, daß der Ausschlag ohne zwischengeschaltete Stoffe möglichst groß ist. Die zu prüfenden Platten werden zwischen Lampe und Thermosäule eingeführt, besonders geeignet sind: Gläser verschiedener Zusammensetzung, Dicke und Farbe, Wassergefäße verschiedener Dicke, dünner undurchsichtiger Hartgummi und Quarz oder Steinsalz, ferner Schleier verschiedener Dichte und Farbe.

Bei meinen Versuchen erhielt ich folgende Werte:

Glühlampe 25 K in 1 m Abstand	}	ohne alles	$\alpha = 127^\circ$
		mit 1 Glasscheibe von 1,4 mm Stärke	$\alpha = 104^\circ$
		mit 2 Glasscheiben von 1,4 mm Stärke	$\alpha = 89^\circ$
		mit 1 cm dicker Wasserschicht . . .	$\alpha = 26^\circ$
		mit Hartgummi 0,3 mm stark	$\alpha = 75^\circ$

Der undurchsichtige Hartgummi läßt also fast ebensoviel durch wie die beiden durchsichtigen Glasscheiben.

2. Strahlung verschiedener Lichtquellen. Am besten benutzt man Lampen von annähernd gleicher Lichtstärke, oder man wählt den Abstand der verschiedenen Lampen von der Thermosäule so groß, daß die photometrisch gemessene optische Lichtwirkung in der Ebene der Thermosäule (bzw. Rand des Auffangtrichters) für alle Lichtquellen gleichgroß ist. Besonders geeignet sind zum Vergleich: Kohlefadenlampe, Tantallampe, Osramlampe, Gasglühlicht und Bogenlicht. Es ergaben sich z. B. für die:

Kohlefadenlampe 25 K 110 V. 0,81 Amp., also 89 Watt	} in gleichem Abstand 1 m	$\alpha = 127^\circ$
Osramlampe . . . 25 K 110 V. 0,30 Amp., also 33 Watt		$\alpha = 57^\circ$

Das Verhältnis der aufgenommenen Energie $\frac{89}{33}$ Watt = 2,7 entspricht nicht genau dem Verhältnis der Wärmestrahlung $\frac{127}{57} = 2,23$, weil bei der Kohlefadenlampe ein größerer Teil der Wärme von der heißeren Glasglocke durch Luftleitung abgeführt wird! Besonders klein fällt die Wärmestrahlung natürlich bei der Bogenlampe aus. Wiederholt man die Absorptionsversuche mit Glas, Wasser und Hartgummi bei verschiedenen Lichtquellen, so werden sich auch verschiedene Werte für die durchgelassene Strahlung ergeben. Z. B. machte das Zwischenschalten einer 1 cm dicken Wasserschicht bei der Kohlefadenlampe wesentlich mehr aus als bei der Metallfadenlampe mit ihrem höheren Glühgrad. — Interessant ist ferner die Messung beim Gasglühlicht mit und ohne Zylinder.

3. Die verschieden starke Reflexion von Spiegeln, Papier u. dgl. läßt sich zeigen, wenn man die betreffenden Stoffe hinter die Glühlampe hält und die Veränderung des Ausschlages beobachtet.

4. Abhängigkeit der Strahlung einer Glühlampe von der Spannung an der Lampe, d. h. bei Vorschaltung von Widerständen vor dieselbe. Wird gleichzeitig

die Lichtstärke der Lampe photometrisch gemessen, so ergibt sich ein verschieden starkes Ansteigen der Lichtstärke und der Wärmestrahlung mit wachsender Spannung, weil die leuchtenden Strahlen schneller wachsen als die langwelligen Wärmestrahlen; mit Zunahme der Temperatur des Glühkörpers verschiebt sich das Energiemaximum im Spektrum.

Dieser Versuch wird zweckmäßig mit einer Kohlefadenlampe und mit einer Metallfadenlampe ausgeführt.

5. Die Energieverteilung im Spektrum. Bei der Benutzung eines Spiegelgalvanometers von Siemens & Halske mit 200/25 Ohm Widerstand ($1^\circ = 2,5 \cdot 10^{-8}$) genügte bereits eine kleine Bogenlampe von 3 Amp., um den Versuch zu zeigen. Das entworfen sichtbare Spektrum hatte eine Höhe von ca. 3,5 cm und eine Länge von ca. 16 cm. Das Maximum der Strahlung lag im Ultrarot, etwa 4 cm hinter dem äußersten sichtbaren Rot. Benutzt wurden Prisma und Linse aus Glas. — Bei Verwendung einer größeren Bogenlampe kommt man natürlich schon mit geringerer Galvanometerempfindlichkeit aus.

Zum Schluß möchte ich noch eine Schaltungsweise von zwei der beschriebenen Strahlungsmessern beschreiben, welche eine ungemeine Erhöhung der Empfindlichkeit bei Absorptions- und Reflexionsversuchen ergibt und geeignet ist, die kleinsten Unterschiede zwischen reflektierenden und absorbierenden Stoffen zu messen. Zu diesem Zwecke werden die beiden Thermosäulen, wie Fig. 2 zeigt, in kurzem Abstand von wenigen Zentimetern der gleichen Strahlungsquelle *L* (Glühlampe) gegenübergestellt, so daß ihre Achsen senkrecht aufeinanderstehen, und zwar werden die beiden Strahlungsmesser unter Zwischenschaltung des Galvanometers *G* gegeneinandergeschaltet, so daß die elektromotorischen Kräfte einander entgegenwirken und der Strom im Galvanometer verschwindet. Durch Verändern des Abstandes zwischen der einen Säule und der Lampe läßt sich leicht eine Stellung finden, bei welcher der Strom im Galvanometer = 0 ist. Zweckmäßig schaltet man hierbei zunächst einen Widerstand vor das Galvanometer, um die Empfindlichkeit herabzudrücken; erst wenn die richtige Stellung der Thermosäulen zu der Lampe gefunden ist, wird der Widerstand ausgeschaltet. Die so geschaffene Kombination der beiden Strahlungsmesser ist äußerst empfindlich gegen jede Störung im Gleichgewicht der Strahlung. Wird z. B. zwischen die eine Säule und die Lampe eine Glasplatte *a* von 1,4 mm Stärke geschoben, so erhält man einen Ausschlag von 200 Skalenteilen gegenüber 23 bei der einfachen Säule. Es lassen sich also z. B. die kleinsten Unterschiede in der Dicke zweier Gläser, in der Zusammensetzung von Flüssigkeiten und Dämpfen sehr genau und scharf messen. Ebenso bewirkt jede Erhöhung der Strahlung durch eine reflektierende Fläche bei *b* einen großen Galvanometerausschlag. So geben z. B. Papierflächen verschiedener Färbung ganz verschiedene Reflexionswerte.

Die Empfindlichkeit läßt sich noch bedeutend steigern, wenn man eine recht kräftig strahlende Lampe benutzt, also z. B. eine 32- oder 50kerzige Kohlefadenlampe. Richtet man jede der beiden Thermosäulen auf je eine Lichtquelle verschiedenen Glühgrades (z. B. Kohlefadenlampe, Metallfadenlampe), so läßt sich die verschiedene Wirkung derselben absorbierenden Substanz bei den verschiedenen Strahlungsquellen sehr schön zeigen.

Die zuletzt beschriebene Methode der Gegenschaltung zweier Thermosäulen resp. der Kompensation des erzeugten Stromes dürfte sich ihrer großen Empfindlichkeit und Genauigkeit wegen besonders auch zu Forschungen auf diesem Gebiete eignen.

Der beschriebene Apparat ist zu beziehen von der Firma Siemens & Halske, Berlin, „Wernerwerk“.

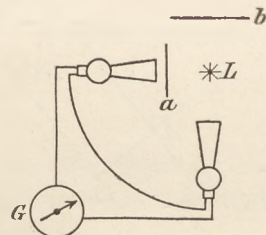


Fig. 2.

Zur Theorie des bewegten Spiegels.

Von

Prof. Dr. Pyrkosch in Breslau.

Im 15. Heft des Jahrgangs 1912 der Annalen der Physik¹⁾ ist eine Arbeit unter der obigen Überschrift von A. HARNACK veröffentlicht, in der der Reflexionswinkel und die Schwingungszahl einer ebenen monochromatischen Lichtwelle, die an einem gleichförmig translatorisch bewegten Spiegel reflektiert wird, in höchst einfacher und eleganter Weise berechnet werden. Als ich mich mit dieser Arbeit beschäftigte, um über sie im physikalischen Colloquium der hiesigen Universität zu berichten, bemerkte ich, daß die Darstellung des Gegenstandes eigentlich noch durchsichtiger wird, wenn man nicht wie in der zitierten Arbeit den Reflexionswinkel indirekt bestimmt, sondern seine Berechnung an die Spitze stellt. Bei dieser Art der Behandlung dürften die in Rede stehenden Fragen selbst im Unterricht als mathematisch-physikalische Übungen verwendbar sein. Die Rechnung ist dann freilich nicht so einfach wie bei HARNACK, aber für Unterrichtszwecke nicht ohne Interesse.

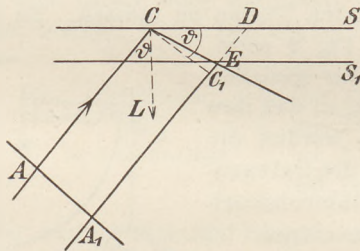


Fig. 1.

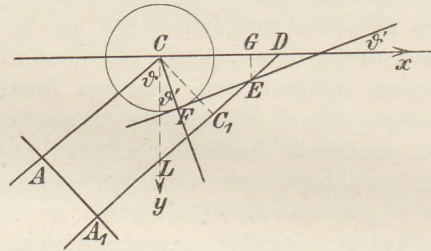


Fig. 2.

1. Ein ebener Spiegel mit der Spur S (s. Fig. 1) bewege sich also mit der Geschwindigkeit v in der Richtung seiner Normalen CL und befinde sich in der Lage S zur Zeit t_0 . AA_1 sei die Spur einer zur Zeichenebene senkrechten Wellenebene, so daß die in zwei beliebigen Punkten A und A_1 auf ihr errichteten Senkrechten zwei zur Welle gehörige Strahlen sind. Zur Zeit t_0 habe der Strahl AC gerade den Spiegel in der Lage S erreicht, so daß die Spur der Wellenfront in diesem Augenblick durch die von C auf den andern Strahl gefällte Senkrechte CC_1 gegeben ist. Der Strahl A_1C_1 erreicht demnach den Spiegel später, etwa in E , wenn er die Lage S_1 hat. Er hat folglich den Weg C_1E mehr zurücklegen müssen. Ist ϑ der Einfallswinkel, c die Lichtgeschwindigkeit, so gilt die Gleichung

$$C_1E \cdot v = (C_1D - C_1E) \cdot c \cos \vartheta,$$

aus der sich ergibt

$$C_1E = CD \cdot \frac{c \sin \vartheta \cos \vartheta}{v + c \cos \vartheta} \quad 1)$$

Daraus folgt sofort, daß die Punkte E , die zu den Punkten A_1 der Wellenebene AA_1 gehören, die zur Zeichenebene senkrechte Ebene mit der Spur CE erfüllen. Im Sinne des Huyghensschen Prinzips wird aber jeder Punkt E im Augenblick, wo der Spiegel in ihm von dem entsprechenden Strahl erreicht wird, zum Ursprung einer Elementarwelle, die sich bekanntlich auch von Punkten bewegter Körper aus kugelförmig mit der Lichtgeschwindigkeit c ausbreitet. Um die Lage der reflektierten Wellenfront zu bekommen, hat man daher nur die bekannte Huyghenssche Konstruktion auszuführen, nur mit dem Unterschiede, daß die Erschütterungszentren der Elementarwellen nicht

¹⁾ Annalen der Physik (4) 39, S. 1053 bis 1058, 1912.

auf dem ruhenden Spiegel, sondern auf der dem bewegten zugeordneten Ebene CE liegen. Wir wählen als den Zeitpunkt, für den wir die reflektierte Welle darstellen wollen, denjenigen, wo der durch A_1 gehende Strahl den Spiegel in E erreicht und die zu diesem Punkte gehörige Elementarwelle den Radius Null hat. Dann ist der Radius der zum Erschütterungszentrum C gehörigen Elementarwelle gleich C_1E , und wenn wir in der Figur um C mit diesem Radius den Kreis schlagen (s. Fig. 2), erhalten wir offenbar die Spur der zur Zeichenebene senkrechten reflektierten Front, indem wir durch E an den Kreis die untere Tangente legen. Berührt diese den Kreis in F , so ist CF die Normale der reflektierten Welle und LCF der Reflexionswinkel ϑ' .

Um diesen Winkel zu berechnen, legen wir die positive Abszissenhalbachse in die CD , die positive Ordinatenhalbachse in die CL ; dann sind die Koordinaten des Punktes E leicht zu bestimmen; man findet

$$\xi = CG = CD \cdot \cos \vartheta \cdot \frac{v \cos \vartheta + c}{c + c \cos \vartheta}, \quad \eta = GE = CD \cdot \frac{v \sin \vartheta \cos \vartheta}{v + c \cos \vartheta}. \quad 2)$$

Aus der Figur geht ferner sofort hervor, daß der Richtungskoeffizient der Tangente EF gleich $-\operatorname{tg} \vartheta'$ ist. Es handelt sich also darum, diesen Richtungskoeffizienten zu ermitteln. Ist aber ein Kreis mit der Gleichung

$$x^2 + y^2 - r^2 = 0$$

gegeben, so sind die Richtungskoeffizienten der vom Punkte (ξ, η) an ihn gehenden Tangenten dargestellt durch

$$\mu = \frac{\xi \eta \pm r \sqrt{\xi^2 + \eta^2 - r^2}}{\xi^2 - r^2}.$$

Man überzeugt sich leicht, daß für die Tangente EF das Minuszeichen das richtige ist, und wenn man aus 1) und 2) die Ausdrücke für r , ξ und η einsetzt und vereinfacht, erhält man

$$\mu = -\operatorname{tg} \vartheta' = \sin \vartheta \cdot \frac{v^2 - c^2}{2vc + \cos \vartheta (v^2 + c^2)},$$

also, wenn noch

$$\beta = \frac{v}{c}$$

gesetzt wird,

$$\operatorname{tg} \vartheta' = \sin \vartheta \cdot \frac{1 - \beta^2}{2\beta + \cos \vartheta (1 + \beta^2)}. \quad 3)$$

Damit ist der Reflexionswinkel durch β und ϑ bestimmt.

Wir berechnen noch den Sinus und Kosinus von ϑ' aus seinem Tangens und bekommen

$$\sin \vartheta' = \frac{1 - \beta^2}{1 + 2\beta \cos \vartheta + \beta^2}, \quad \cos \vartheta' = \frac{2\beta + (1 + \beta^2) \cos \vartheta}{1 + 2\beta \cos \vartheta + \beta^2}. \quad 4)$$

Für $\beta = 0$, also für den ruhenden Spiegel, erhalten wir dann $\operatorname{tg} \vartheta' = \operatorname{tg} \vartheta$; $\vartheta' = \vartheta$, d. h. das bekannte Reflexionsgesetz;

für $\beta = 1$, also für den mit Lichtgeschwindigkeit bewegten Spiegel $\operatorname{tg} \vartheta' = 0$, $\vartheta' = 0$, so daß in diesem Falle die einfallenden Strahlen längs des Einfallslotes reflektiert werden würden. Ist die Bewegung des Spiegels nicht den Lichtstrahlen entgegen, sondern von ihnen weggerichtet, v also negativ, so ist $\vartheta' > \vartheta$, und wenn die Bedingungsgleichung

$$2\beta + \cos \vartheta (1 + \beta^2) = 0$$

erfüllt ist, $\vartheta' = \frac{\pi}{2}$; der reflektierte Strahl geht streifend am Spiegel entlang; ist schließlich

$$\beta = -\cos \vartheta,$$

so ergibt sich

$$\operatorname{tg} \vartheta' = -\operatorname{tg} \vartheta, \quad \vartheta' = 180^\circ - \vartheta;$$

und in der Tat geht dann der Strahl einfach geradlinig weiter, da er den Spiegel nicht mehr erreicht.

2. Die Wellenlänge oder die Schwingungszahl des einfallenden Lichts war bei den bisherigen Betrachtungen beliebig. Wir nehmen nunmehr eine bestimmte Wellenlänge λ und die zugehörige Schwingungszahl ν an, die sich aus der Beziehung $\lambda = \frac{c}{\nu}$ ergibt. Dann ist die Frage, wie groß die Wellenlänge λ' und die Schwingungszahl $\nu' = \frac{c}{\lambda'}$ des am bewegten Spiegel reflektierten Lichtes sein wird. Daß die

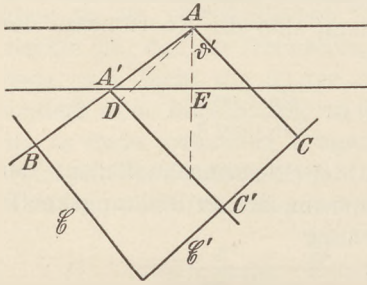


Fig. 8.

beiden Größen nicht gleich den entsprechenden des einfallenden Lichts sein können, ist leicht einzusehen. Der Spiegel bewege sich wieder den Strahlen entgegen und zwar in der Zeit δt längs des Einfallslotes von A bis E um die Strecke $v \cdot \delta t$ (Fig. 3). \mathcal{E} und \mathcal{E}' seien zwei im Raume feste Lagen der einfallenden und reflektierten Wellenfront, die auf der Zeichenebene senkrecht stehende Ebenen sind. A sei der Einfallspunkt des durch B gehenden Strahls zur Zeit t_0 , A' der zur Zeit $t_0 + \delta t$. Dann treten in den durch die Ebenen \mathcal{E} und \mathcal{E}' gebildeten Raumquadranten, in dem der Spiegel sich bewegt, bei B in der Zeit δt $\nu \cdot \delta t$ Wellen ein, bei dem auf der \mathcal{E}' wandernden Punkte C $\nu' \cdot \delta t$ Wellen aus. Wäre nun $\nu = \nu'$, so müßten zur Zeit t_0 auf der gebrochenen Linie BAC ebensoviele Wellen liegen als zur Zeit $t_0 + \delta t$ auf der gebrochenen Linie $BA'C'$, da ja ebensoviele Wellen aus dem Quadranten ausgetreten wie in ihn eingetreten sind. Diese Zahl ist aber in dem einen Falle $\frac{1}{\lambda} (AB + AC)$, im andern $\frac{1}{\lambda'} (A'B + A'C')$. Nun ist $A'B = AB - AA'$ und $A'C' = AC + A'D$, AA' aber als Hypotenuse in dem bei D rechtwinkligen Dreieck $AA'D$ sicher größer als $A'D$, so daß unmöglich $\lambda' = \lambda$, $\nu' = \nu$ ist. Durch eine entsprechende Betrachtung läßt sich leicht einsehen, daß aus der Tatsache, daß durch Reflexion am ruhenden Spiegel die Schwingungszahl, d. h. die Farbe des Lichts nicht geändert wird, die Gleichheit des Einfallswinkels und des Reflexionswinkels folgt.

Die Berechnung von ν' geschieht nun ohne Mühe. Es werden offenbar durch den bewegten Spiegel Wellen aus dem Raumquadranten herausgedrängt, so daß $\nu' > \nu$ ist, und es ergibt sich die sofort zu übersehende Bedingungsgleichung

$$(\nu' - \nu) \cdot \delta t = \left(\frac{BA}{\lambda} + \frac{AC}{\lambda'} \right) - \left(\frac{BA'}{\lambda} + \frac{A'C'}{\lambda'} \right)$$

oder

$$(\nu' - \nu) \cdot \delta t = \frac{1}{\lambda} (BA - BA') + \frac{1}{\lambda'} (AC - A'C'),$$

und da

$$BA - BA' = AA' = \frac{AE}{\cos \vartheta} = \frac{v \cdot \delta t}{\cos \vartheta},$$

$$AC - A'C' = A'D = AA' \cos(\vartheta + \vartheta') = \frac{v \cdot \delta t \cdot \cos(\vartheta + \vartheta')}{\cos \vartheta},$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \quad \lambda' = \frac{c}{\nu'},$$

nach leichter Ausrechnung

$$\nu' = \frac{c \cos \vartheta + v}{c \cos \vartheta - v \cos(\vartheta + \vartheta')} \cdot \nu = \frac{\cos \vartheta + \beta}{\cos \vartheta - \beta \cdot \cos(\vartheta + \vartheta')} \cdot \nu, \quad 5)$$

wo wieder $\beta = \frac{v}{c}$ gesetzt ist.

Diese Formel sowie die vorhergehende Ableitung ist von PLANCK in der „Theorie der Wärmestrahlung“ im § 75 gegeben worden. Sie enthält aber noch den Reflexionswinkel ϑ' . Benutzen wir aber unsere Formeln 4), so können wir den Winkel ϑ' leicht eliminieren und finden nach einer kleinen Rechnung

$$\nu' = \nu \cdot \frac{1 + 2\beta \cos \vartheta + \beta^2}{1 - \beta^2}. \quad 6)$$

Ist $\beta = 0$, der Spiegel also in Ruhe, so finden wir hieraus $\nu' = \nu$, wie es sein muß, für $\beta = 1$ dagegen, d. h. wenn der Spiegel mit Lichtgeschwindigkeit längs seiner Normalen bewegt wird, $\nu' = \infty$, woraus sich die Unmöglichkeit ergibt, einen Spiegel mit Lichtgeschwindigkeit einer auffallenden Strahlung entgegen zu bewegen.

Zu denselben Formeln 3) und 6) gelangt HARNACK in der oben zitierten Arbeit. Von dem Huyghensschen Prinzip macht HARNACK nur indirekt Anwendung, indem er die reflektierte Welle als eine ebene voraussetzt, auf der die Strahlrichtung senkrecht steht. Auch in die Untersuchungen von M. ABRAHAM über diesen Gegenstand (Elektromagnetische Theorie der Strahlung, § 40), die sich auf anderen Bahnen bewegen, spielt dieses Prinzip hinein.

Experimentelle Analyse der Kondensatorschwingungen.

Von

Karl Regner in Jungbunzlau, Böhmen.

Die elektrischen Schwingungen sind wegen ihrer Wichtigkeit ein Teil des physikalischen Lehrstoffes an den Mittelschulen geworden. Da aber der Unterricht womöglich vom Experiment ausgehen soll, und da es zweckmäßig erscheint, diesen Abschnitt der Physik mit der oszillatorischen Kondensatorentladung zu beginnen, ist es wünschenswert, die Kondensatorentladungen experimentell vorzuführen. Das Experiment muß für den Lehrer einfach sein und darf nie versagen, für die Schüler muß es überzeugend, von weitem gut sichtbar und so beschaffen sein, daß es die Abhängigkeit der vorkommenden Größen qualitativ zu beobachten erlaubt.

Es gibt sehr viele Abhandlungen¹⁾, in denen die Darstellung der elektrischen Schwingungsfiguren behandelt wird, doch erfüllen sie alle nicht die sämtlichen oben erwähnten Anforderungen.

Bei den Versuchsanordnungen bedient man sich entweder einer großen Kapazität oder einer großen Selbstinduktion oder beider zugleich, damit die Schwingungen laut der THOMSONSchen Formel $T = 2\pi\sqrt{CL}$ so langsam als möglich und dadurch der Analyse zugänglich werden.

Der vollkommenste Apparat ist die BRAUNSCHE Röhre²⁾, die bei zweckmäßiger Anordnung des Experiments direkt eine Sinusoide mit abnehmender Amplitude als

¹⁾ Übersicht der Apparate, die zur Analyse der periodischen elektrischen Vorgänge benützt werden, s. diese Zeitschr. **19**, H. 3 (Berichte). — Über das Drudesche Experiment und seine Kritik s. H. Schnell, diese Zeitschr. **22**, 4, und W. König, Ann. d. Phys. **67**, 1899. — Über direkte Zerlegung des el. Funkens nach dem ursprünglichen Gedanken Feddersens s. Feddersen, Ann. d. Phys. **116**, 1862; Zehnder, Ann. d. Phys. **9**, 1902; E. Grimsehl, diese Zeitschr. **21**, 1. — Über eine Methode, die von den Lichtenbergschen Figuren Gebrauch macht, s. W. König, Ann. d. Phys. **67**, 1899. — Über Analyse sehr langsamer Schwingungen mittels geeigneter Galvanoskope und Oszillographen s. H. Schnell, diese Zeitschr. **22**, 4; O. Wiener, Phys. Zeitschr. **8**, 1907; R. Colley, Ann. d. Phys. **44**, 1891. — Über stehende el. Wellen s. E. Grimsehl, diese Zeitschr. **21**, 1, und A. Stobel, diese Zeitschr. **23**, 2.

²⁾ F. Braun, Ann. d. Phys. **60**, 1897; Richarz-Ziegler, Ann. d. Phys. **1**, 1900; Wehnelt-Donath, Ann. d. Phys. **69**, 1899.

Bild der gedämpften elektrischen Schwingungen zeigt. Dieses Bild ist aber klein und wenig deutlich, so daß es sich für eine größere Zuhörerschaft nicht eignet.

In dieser Hinsicht ist die Glimmlichtoszillographenröhre von GEHRCKE und von RUHMER³⁾ besser. Sie beruht darauf, daß die Länge des Kathodenglimmlichts der hindurchgehenden Stromintensität proportional ist, sobald die drahtförmige Kathode genügend lang ist. Wie dieser Apparat zur Analyse der oscillatorischen Kondensatorrentladungen zu gebrauchen ist, hat RUHMER⁴⁾ selbst gezeigt. Zum Experiment bedient er sich jedoch kostspieliger Vorrichtungen, z. B. eines Paraffinkondensators von 102 MF Kapazität, was für Mittelschulen ungangbar erscheint.

Wie aber im folgenden gezeigt werden soll, habe ich erkannt, daß man mit viel geringeren Mitteln ein völlig befriedigendes Resultat erzielen kann.

Erstens kann man die ziemlich teure Glimmlichtoszillographenröhre durch eine gewöhnliche Crookesche Spektralröhre ersetzen, wie es schon R. COLLEY⁵⁾ zum Zweck der Untersuchung des Induktionsstromes in der Sekundärspule des Funkeninduktors getan hat. Daß sich die Spektralröhre vortrefflich zur Untersuchung der elektrischen Wechselströme eignet, ist allgemein bekannt und wird auch oft ausgenützt; die einfachen Versuche dieser Art erfordern jedoch viel Scharfsinn und überzeugen nicht immer⁶⁾.

Zweitens genügt zum Versuche der Kondensator, welcher sich im Gestell des Funkeninduktors befindet, und dessen Kapazität nur einige MF beträgt.

Folgendes ist der leitende Gedanke des Versuches: Wenn man einen solchen Kondensator derart ladet, daß man ihn an die Pole eines Gleichstromes von gewöhnlicher Spannung anlegt, und dann seine Entladung durch die Primärspule eines Funkeninduktors sendet, so werden in der Sekundärspule dieses Funkeninduktors Ströme von genügender Spannung induziert, um eine Spektralröhre zum Leuchten zu bringen, die an die Sekundärspule angeschlossen ist. Die Spektralröhre kann man jedoch nicht direkt in den Schwingungskreis einschalten, denn sie braucht einige hundert Volt Spannung, um zu leuchten.

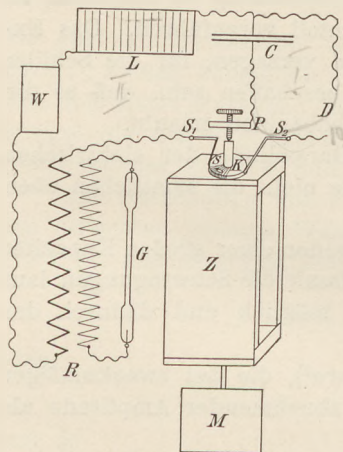


Fig. 1.

Die Durchführung des Experiments erläutern folgende Figuren und einige Bemerkungen. In Fig. 1, die teilweise schematisch, teilweise perspektivisch gezeichnet ist, bedeutet: *D* eine Gleichstromquelle von ca. 100 Volt Spannung, *C* den Paraffinkondensator eines Funkeninduktors, *L* eine Selbstinduktionsspule, *W* einen Stöpselreostaten, *R* einen Funkeninduktor, *G* eine Spektralröhre, *Z* einen Spiegel, der durch einen Elektromotor *M* gedreht wird. Der Kondensator wird abwechselnd durch einen selbsttätigen Umschalter geladen und entladen, der auf der Achse des Spiegels montiert ist. Dieser Umschalter besteht aus einer von Hartgummi oder Fiber hergestellten Scheibe *K*, welche einen metallischen 60°-Ausschnitt hat. Dieser Ausschnitt ist an der metallischen Achse des Spiegels angebracht, und diese ist in leitender Verbindung mit der Klemme auf dem Gestell *P*. Die Scheibe *K* berühren zwei Federn *S*₁ und *S*₂, die mit Zuführungsklemmen ausgestattet sind. Es ist wünschenswert, daß sowohl die Federn wie auch der Ausschnitt mit Platin belegt werden,

³⁾ E. Gehrcke, Verh. d. Deutsch. phys. Ges. 6, 1904; E. Ruhmer, Elektrotechn. Zeitschr. 26, 1905.

⁴⁾ E. Ruhmer, diese Zeitschr. 19, 3.

⁵⁾ R. Colley, Ann. d. Phys. 44, 1891.

⁶⁾ H. Borgesius, diese Zeitschr. 23, 2; J. Jung, diese Zeitschr. 20, 5.

damit sie durch die Funken nicht oxydiert werden. Dann erfolgt nämlich eine sichere Berührung beider Teile immer in demselben Augenblicke, die Bilder der Spektralröhre im Spiegel überdecken sich bei jeder folgenden Rotation und erscheinen stillstehend.

Um eine gleichmäßige Rotation des Spiegels zu erhalten, ist ausschließlich ein Elektromotor zu benützen. Der Spiegel hat etwa die Länge der Spektralröhre und ist ca. 6 cm breit. Er ist an der einen Seite eines leichten hohlen Parallelepipedes mit länglicher Basis befestigt, wegen der Symmetrie ist es jedoch anzuempfehlen, zwei Spiegel an entgegengesetzten Seiten des Parallelepipedes anzubringen. Beide Spiegel sind zum Herausnehmen eingerichtet, damit man den einen nach Bedarf mit der lackierten Folie nach außen wenden könne, falls er hinderlich sein sollte. Die Scheibe kann man etwas drehen, damit die Berührung der Feder, also auch die Kondensatorentladung in dem Augenblicke beginne, wo der Spiegel dem Zuschauer zugewendet ist; dann wird die Scheibe mit der Schraube *s* befestigt.

Der rotierende Spiegel, mit dem Umschalter an den Elektromotor montiert, ist nebst den übrigen in jedem physikalischen Kabinett befindlichen Apparaten die einzige zum Experiment nötige Vorrichtung, welche allerdings auch anderweitig Anwendung finden kann, und leicht selbst zu verfertigen ist, wenn ein kleiner schneller Elektromotor zur Verfügung steht.

Mit einem 15-cm-Funkeninduktor von ERNECKE, welcher einen Kondensator von ca. 5 MF Kapazität enthält und einer 20 cm langen Spektral-

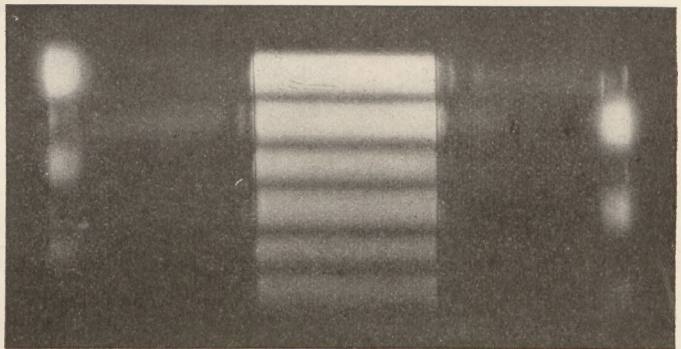


Fig. 2.

röhre *N*, habe ich 6 Bilder der Spektralröhre durch eine Entladung erzielt, wozu eine Spannung des Gleichstromes von ca. 90 Volt ausreichte. Fig. 2 ist die verkleinerte Reproduktion, die durch 15 Sek. Exposition hervorgebracht wurde. Auf die photographische Platte wirkt das blaue Kathodenglimmlicht am stärksten, sowie auch der mittlere enge Röhrenteil, der am hellsten leuchtet. Wiewohl die Details bei der Reproduktion verloren gehen, wird doch die Abnahme der Helligkeit der einzelnen Schwingungen leicht bemerkt. Beobachtet man die Spektralröhre selbst, ohne Spiegel, so erscheinen beide Pole ganz gleich.

Mit derselben Vorrichtung kann man zeigen, daß auch die Ladung des Kondensators oszillatorisch erfolgt; nur ist die Schaltung einigermaßen zu verändern. Zu diesem Zwecke sei auf die oben erwähnte Abhandlung von RUMMER hingewiesen.

Um den Kondensator nicht immer aus dem Funkeninduktor herausnehmen zu müssen, verschaffte ich mir einen Ausschalter, der mit Klemmen versehen ist, so daß man eventuell noch einen zweiten Kondensator parallel einschalten kann. Dies ist aber für den oben erwähnten Versuch nicht nötig, ja es genügt sogar ein noch kleinerer Kondensator. Zwei solche Kondensatoren habe ich mir billig verschafft. Ein aus 210 paraffinierten halben Bogen gewöhnlichen Papiere und 210 Stanniolblättern hergestellter Kondensator (70 Folien üblicher Größe wurden in 3 Teile geschnitten) hat ca. 3 MF Kapazität. Als Selbstinduktion benütze ich eine große Spule mit 480 Windungen dicken isolierten Kupferdrahtes, welche 30 cm lang ist und deren innerer Durchmesser 4,5 cm beträgt. In die Spule paßt entweder ein voller oder

fein unterteilter Eisenkern. Die Anschaffung einer so großen Spule wie auch der oben erwähnten Kondensatoren ist wegen ihrer vielseitigen Verwendung sehr zu empfehlen, wie im folgenden ersichtlich wird. Übrigens kann man jede andere Spule von kleinem Widerstand (ohne Eisenkern) benutzen.

Vergrößert man die Selbstinduktion, so kann man schön beobachten, wie sich die einzelnen Bilder im Spiegel voneinander entfernen, d. h., wie sich die Schwingungsdauer vergrößert. Schiebt man den Eisenkern langsam in die Spule hinein, so verkleinert sich schnell die Anzahl der Bilder und ihre Helligkeit nimmt ab; denn die große Spule mit unterteiltem Eisenkern dämpft die Schwingungen bedeutend, oder unterdrückt sie auch gänzlich. Auch die Pole der Spektralröhre erscheinen nicht mehr gleich. Dasselbe erzielt man durch Einschalten eines Widerstandes mittels des Rheostaten. Durch diesen Versuch wird auch leicht die Wirkung der Drosselspule dargestellt. Vergrößert man die Kapazität durch Parallelschalten weiterer Kondensatoren, so entfernen sich die Bilder laut der Thomsonschen Formel wiederum voneinander; gleichzeitig gewinnen sie an Helligkeit, da die Stromintensität jetzt größer geworden ist.

Es folgen nun einige Versuche, die mit dem bisher Gesagten zusammenhängen. Mit dem Kondensator des Funkeninduktors kann auch die pfeifende Bogenlampe vorgeführt werden, welche der dänische Ingenieur POULSEN⁷⁾ zu Zwecken der drahtlosen

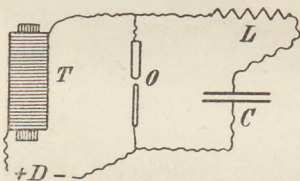


Fig. 3.

Telegraphie verwendete. Die Schaltung ist in Fig. 3 skizziert. Die Spannung möge mindestens 100 Volt betragen; T ist die oben erwähnte Drosselspule, die dazu dient, daß sich die Kondensatorschwingungen nur durch den Lichtbogen O und nicht durch die Stromquelle D ausgleichen. Die Stromintensität muß gering, der Lichtbogen kurz und beide Kohlen homogen sein. Mit der Änderung von L und C ändert sich auch die Tonhöhe.

Mit diesen ungedämpften Oszillationen kann man den Funkeninduktor speisen. Die Schaltung ist dieselbe wie bei der Fig. 3, nur ist anstatt L die Primärspule des Funkeninduktors zu setzen. Je größer der Kondensator ist, desto besser fällt der Versuch aus. Der Funke ist warm, singt und zerfällt durch Anblasen in viele einzelne Funken. Schließt man der Sekundärspule zwei nahe vertikale, etwas auseinanderlaufende Drähte an, so läuft der Funke hinauf, bis er verlischt und bildet sich unten von neuem. Durch diesen Versuch wird der Hörnerblitzableiter erklärt.

Ferner können die schönen Versuche von ELIHU THOMSON⁸⁾ vorgeführt werden, wenn auch in kleinerem Maßstabe, als es üblich ist. Die Verbindung der Apparate ist wiederum dieselbe wie bei Fig. 3; L bedeutet die Thomsonsche Spule; sie darf nicht zu groß sein, damit sie die Kondensatorschwingungen nicht unterdrücke. Ich benütze eine Spule aus starkem Kupferdraht in 4 Lagen zu je 30 Windungen, der Kern hat 28 cm Länge und besteht aus feinen isolierten Eisendrähten. Die Abstoßungsversuche gelingen sehr gut; es erscheint mir jedoch für die Mittelschule wichtiger, daß sich mit dieser Vorrichtung das Prinzip des Transformators leicht erklären läßt, namentlich da, wo kein Wechselstrom zur Verfügung steht. Ein Kupfering erhitzt sich stark, und in einem hohlen Kupfering, der mit einem zugespitzten Glasröhrchen versehen ist, verdampft der Äther so kräftig, daß bei der Entzündung eine hohe Flamme entsteht, die sich bisweilen selbst ausbläst; nimmt man hingegen eine Sekundärspule mit vielen Windungen, so entstehen induzierte Ströme von so großer Spannung, daß sie eine angeschlossene Glühlampe zum Leuchten bringen. Ein hinzugefügter Kupfering dämpft die Ströme bedeutend und die Lampe erlischt.

⁷⁾ Poulsen, Elektrotechn. Zeitschr. 27, 1906.

⁸⁾ Peukert, Elektrotechn. Zeitschr. 27, 1906.

Auch die sprechende Bogenlampe⁹⁾ kann mit denselben Apparaten vorgeführt werden; man benötigt jedoch hierzu noch ein gutes Mikrophon mit einer großen Induktionsspule. Der Lichtbogen muß lang sein, je länger, desto besser; deshalb verwende man beide Kohlen imprägniert, wie sie bei Flammenbogenlampen gebraucht werden. Ich benütze ein gutes Kohlenkörnermikrophon, das zu den Apparaten zur Demonstration des lautsprechenden Telephons gehört und von Max KOHL geliefert wurde. Eine Anordnung, die guten Erfolg hatte, ist die Duddelsche, wie die Fig. 4 zeigt. Die Mikrophonbatterie *B* hat ca. 8 Volt Spannung.

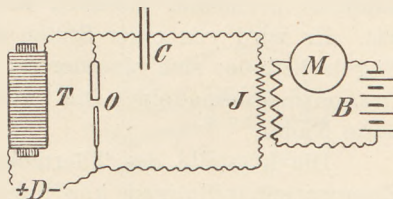


Fig. 4.

Außer diesen Versuchen kann die große Spule als kräftiger Elektromagnet, als Magnetisierungsspule, als magnetische Windblasevorrichtung und zur Drehung der Polarisationssebene verwendet werden. Über die mannigfaltige Benützung der Paraffinkondensatoren wurde in dieser Zeitschrift bereits geschrieben¹⁰⁾.

Kleine Mitteilungen.

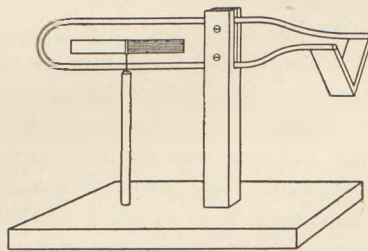
Ein Thermoelement für die Grundversuche mit Thermoströmen.

Von Prof. Dr. W. Merkelbach in Kassel.

Zur Erzeugung von Thermoströmen sind bekanntlich die Wismut-Antimonelemente die wirksamsten. Wenn trotzdem im vorletzten Jahrgang dieser Zeitschrift (vgl. M. WUNDER, Bd. 24, S. 224, und WEISS, Bd. 24, S. 344) nur solche aus andern Metallen empfohlen worden sind, so hängt dies, wie dort schon hervorgehoben ist, damit zusammen, daß die Lötstellen der Wismut-Antimonelemente kein starkes Erhitzen vertragen. Die in den physikalischen Sammlungen vorhandenen „thermoelektrischen Rechtecke“, die Wismut enthalten, pflegen an den Lötstellen durchgeschmolzen zu sein, weil das Wismut in Berührung mit dem Blei-Zinnlot eine besonders leicht schmelzbare Legierung bildet. Daher werden in den genannten Aufsätzen Thermoelemente aus schwerer schmelzbaren und hartgelöteten Metallen, die eine starke Temperaturerhöhung vertragen, vorgezogen.

Diesen Thermoelementen gegenüber hat das Wismut-Antimonelement einen Vorteil: es lassen sich damit verhältnismäßig bequem auch die durch Abkühlung der Lötstellen entstehenden Ströme entgegengesetzter Richtung nachweisen, während die bei den andern Thermoelementen erforderliche starke Abkühlung praktisch große Schwierigkeiten macht.

Der in der Figur abgebildete Apparat, der die Grundversuche über Thermoelektrizität einfach und übersichtlich anzustellen gestattet, verwendet ein Wismut-Antimonelement, bei welchem die Lötstelle durch heißes Wasser erwärmt wird und so vor dem Schmelzen gesichert ist. Für seine Dauerhaftigkeit spricht, daß das von mir hergestellte bei mehr als zehnjährigem Gebrauch unverändert geblieben ist.



($\frac{1}{6}$ n. Gr.)

Das eigentliche Thermoelement besteht aus zwei aus Wismut und Antimon gegossenen Platten ($4 \times 2 \times \frac{1}{2}$ cm). Die Platten wurden mit der Feile an den Enden

⁹⁾ Simon, Physikal. Zeitschr. 7, 1906.

¹⁰⁾ H. Lüdtke, diese Zeitschr. 22, 3.

abgeschrägt, dort verzinnt und aneinandergelötet, so daß das Thermoelement die Form eines V besitzt. Mit Hilfe des LötKolbens ist vor allem dafür zu sorgen, daß die von den Platten gebildete Fuge mit Lot gut ausgefüllt ist. An den freien Enden der Platten ist der aus 4 mm dickem Kupferdraht gebildete Stromleiter angelötet, der zunächst horizontal verläuft, dann aber die Form eines vertikal stehenden Bügels hat. Er wird von einer Stütze mit senkrechtem Einschnitt getragen. Innerhalb des Bügels befindet sich eine der früher (Heft III S. 166, vgl. S. 247) beschriebenen Demonstrationsmagnetnadeln. Die Drehungsachse ist eine in ein Holzstäbchen eingelassene feine Nadel.

Die Lötstelle des Thermoelements wird erwärmt, indem man in einem der in Eisenwarenhandlungen käuflichen verzinnten Eisenblechlöffel Wasser zum Sieden bringt und den Löffel so unter die Lötstelle schiebt, daß letztere in das siedende Wasser eintaucht. Die Nadel gibt dann sofort einen starken Ausschlag, der, wenn die Nadel zur Ruhe gekommen ist, gegen 60° beträgt. Aus dem Sinn der Nadeldrehung läßt sich leicht die Stromrichtung bestimmen. Um ein Urteil über die Stärke des entstandenen Stromes zu erhalten, befestigte ich am Leitungsdraht des Thermoelements mittels eines Fadens einen isolierten Kupferdraht, der also genau die Form des Bügels annahm. Durch diesen Draht konnte ich einen regulierbaren Strom senden. Ich fand, daß ein Strom von etwas über 2 Amp. den vorher angegebenen Ausschlag erzeugte. Diese trotz der geringen Spannung des Thermoelements erhaltene Stromstärke ist natürlich durch den außerordentlich kleinen Widerstand unseres Stromkreises bedingt.

Legt man ein Stückchen Eis in die Fuge der zuvor auf gewöhnliche Zimmertemperatur gebrachten Lötstelle und berührt zugleich die untere Kante mit Eis, so erhält man einen Ausschlag der Nadel in entgegengesetzter Richtung von etwa 25° . Der Ausschlag wird fast ebenso groß, wenn man die Lötstelle mit einem lockeren Baumwollfaden mehrfach umwickelt, mit Äther befeuchtet und einen schwachen Luftstrom darauf richtet.

Über die Demonstration der Anziehung und Abstoßung elektrischer Ströme.

Von Prof. **St. Kalinowski** in Warschau.

Gewöhnlich benutzt man zu diesem Zwecke Apparate, die zwar die Tatsache der Anziehung oder Abstoßung deutlich vorführen, die aber nichts davon zeigen, daß die Anziehung eben bei den gleichgerichteten und die Abstoßung bei den entgegengerichteten Strömen stattfindet. Ich möchte deshalb auf folgende einfache Anordnung aufmerksam machen, die ich in meinen Vorlesungen benutze.

Zwei isolierte 1 mm starke Drähte sind so gewickelt, wie es die Abbildung darstellt. Die Drähte bilden zwei doppelte Windungen von ca. 6,5 cm Durchmesser, die sich in einem Abstände von ungefähr 5 cm voneinander befinden. Je zwei Enden jedes Drahtes werden in kleine, mit Quecksilber gefüllte Bohrungen eines Holzbrettes eingetaucht, so daß sich eine Art von zwei Pendeln bildet, wobei die Mitte der Windungen sich in einer Entfernung von ca. 50 cm von der Drehachse befindet. Das Holzbrett mit den Bohrungen dient als Stromschlüssel, dem Strome in den Windungen läßt sich leicht die gleiche oder die entgegengesetzte Richtung geben. Nach dem Schließen des Stromes ziehen sich die Windungen an bzw. stoßen sich ab, und in dieser Hinsicht ist alles dem wohlbekannten Apparat nach **Burr** ähnlich.

Es handelt sich aber um etwas anderes. Man bringt die Ebenen beider Windungen ungefähr in die Richtung des magnetischen Meridians und stellt in einer Entfernung von ca. 8–12 cm symmetrisch zu beiden Windungen eine magnetische Nadel auf. Wenn nun der Strom in den Windungen die gleiche Richtung hat, so wird die Nadel aus ihrer Lage abgelenkt und stellt sich quer zu der anfänglichen

Richtung — gleichzeitig konstatiert man die Anziehung der Drähte. Wird der Strom in den beiden Windungen entgegengerichtet, so daß Abstoßung stattfindet, so bleibt die Nadel unabgelenkt, weil sich jetzt die magnetischen Wirkungen der beiden Windungen aufheben. Es wird also deutlich bewiesen, daß die Anziehung bei den gleichgerichteten und die Abstoßung bei den entgegengerichteten Strömen vorkommt.

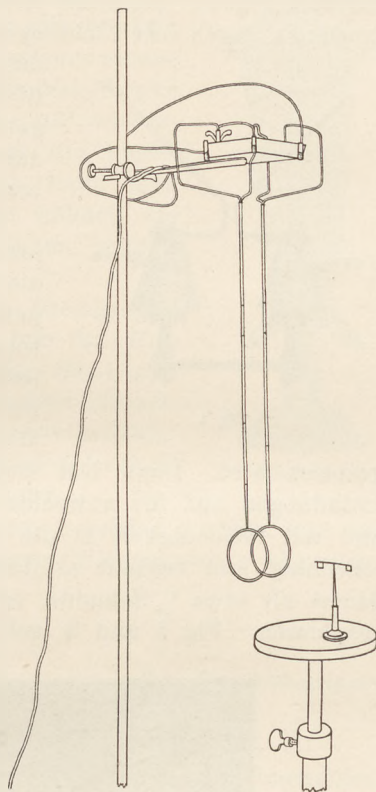
Die ideelle Symmetrie in der Lage der Nadel wird natürlich kaum erreicht. Eine etwas ungleiche Ablenkung der Drähte aus ihrer normalen Lage ruft im ersten Momente gewisse Schwankungen der Nadel hervor, was besonders in dem Falle, wenn die Nadel stehen bleiben soll, störend wirkt. Bei gewisser Übung läßt sich durch einfaches Verschieben der Nadel in passender Richtung diese Störung vermeiden. Ich bediene mich mit einer Nadel von ca. 5 cm Länge. Die Stromstärke beträgt ca. 20 Ampere.

Man kann auch die Nadel zwischen den Windungen so stellen, daß die Spitze, auf welcher sie ruht, sich in einer geraden Linie mit den Mitten der Windungen befindet. Die störende Wirkung der Dissymmetrie ist aber dann etwas größer und die Regulierung umständlicher.

Die ganze Einrichtung ist zu groß, um im gewöhnlichen Sinne des Wortes projiziert zu werden. Es läßt sich aber ihr Schatten auf einen Schirm werfen, und dadurch kann das Experiment auch in einem großen Saale vor mehreren hundert Personen vorgeführt werden, wie ich es ausprobiert habe.

Es sei bei der Gelegenheit bemerkt, daß man sich gewöhnlich beim Experimentieren die „Schattenmethode“ zu wenig benutzt. Sehr oft ist diese Methode zweckmäßiger und führt leichter zum Ziele als die eigentliche Projektionsmethode.

Physikalisches Laboratorium des Landwirtschaft- und Industrie-Museums.



Über wandernde elektrische Entladungen.

Von Dr. H. Greinacher, Privatdozent in Zürich.

Allgemein bekannt und im praktischen Gebrauch ist der sogenannte Hörnerblitzableiter (Fig 1). Zwei starke Drähte sind hörnerartig umgebogen und so montiert, daß sie unten in kleinem Abstand (wenige Millimeter) einander gegenüberstehen, während die Hörner nach oben auseinandergehen. Wird auf irgendeine Art ein Lichtbogen an der engsten Stelle gezündet, so wandert dieser selbsttätig nach oben und erlischt an den Hörnern automatisch.

Man kann dies Wandern des Lichtbogens sehr schön beobachten, wenn man eine solche Vorrichtung mit den Polen eines Induktoriums verbindet. Das Induktorium kann dabei mit unterbrochenem Gleichstrom oder einfach mit Wechselstrom gespeist sein. Da hier die Stromstärke des Lichtbogens nur klein ist, so wandert der Bogen so langsam, daß man ihn mit den Augen verfolgen kann. An den Hörnern angekommen, löscht er aus, um im selben Moment unten von neuem zu zünden. Die Dauer dieser periodischen Erscheinung beträgt etwa eine Sekunde.

Besonders schön ist das einfache Experiment mit einer fertigen Demonstrationsröhre, wie sie von der Glasinstrumentenfabrik Emil Gundelach in Gohlberg (Thüringen) geliefert wird. Hier sind die Hörner in einem passenden Glasgefäß montiert (Fig. 2). Bei dieser Röhre läßt sich leicht auch die Stickstoffoxydation durch den Lichtbogen demonstrieren. Schon nach kurzer

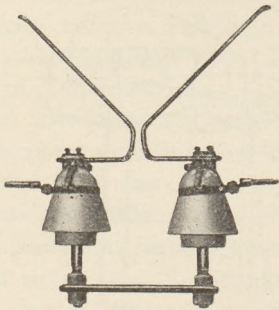


Fig. 1.

Zeit wird der Gasinhalt durch intensive Bildung von Stickstoffdioxid lebhaft gebräunt. Auch beobachtet man, daß der obere Rand des Lichtbogens einen braunen Saum besitzt. Besonders interessant und farbenprächtig wird die Erscheinung, wenn man die Luft etwa durch eine Wasserstrahlpumpe allmählich auspumpt. Der Lichtbogen enthüllt dann seinen diskontinuierlichen Charakter. Glänzend ist das Experiment, wenn das Induktorium mit Wechselstrom (etwa von 50 Perioden) gespeist wird. Dann löst sich der Lichtbogen in lauter Einzelentladungen auf, die abwechselnd an den beiden Drähten ansetzen und mit Behendigkeit in die Höhe klettern. Oben löscht die Erscheinung und beginnt alsobald wieder unten. Obwohl ein Aufstieg nicht länger dauert als etwa $\frac{1}{2}$ Sekunde, ist es mir gelungen, einzelne Perioden direkt zu photographieren. Fig. 3 und 4 geben zwei Aufnahmen wieder. Der Gasdruck betrug

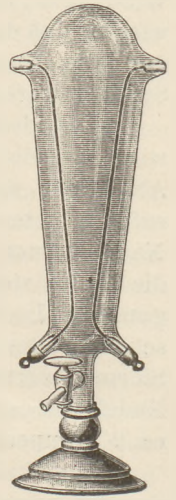


Fig. 2.

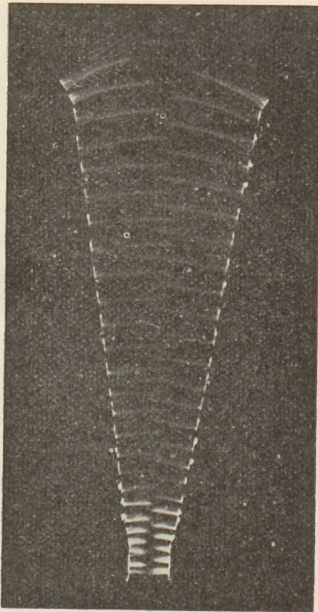


Fig. 3.

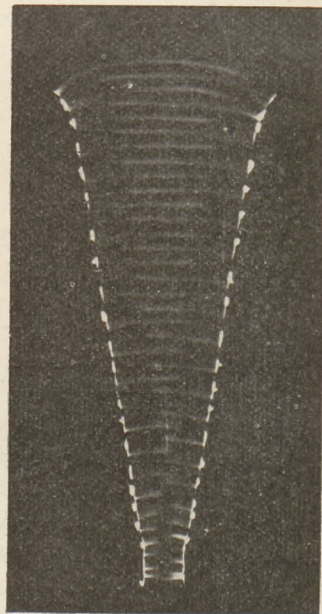


Fig. 4

ca. 7 cm Quecksilber bei beiden Aufnahmen. Nur war die verwendete Stromstärke bei Fig. 3 10 Milliampere, bei Fig. 4 hingegen 20 Milliampere. Man sieht sehr deutlich die Ansatzstellen des anodischen Glimmlichts und die kürzeren und längeren Zacken des eigentlichen negativen Glimmlichts. In Wirklichkeit ist die Erscheinung noch überaus prächtiger. Einmal die intensiven roten und blauen Farben und dann das leb-

hafte Spiel der wandernden Einzelentladungen. Die Erscheinung ist je nach dem Gasdruck etwas verschieden. Am schönsten ist sie bei oben genanntem Drucke. Solche fertigen Röhren, die passend dimensioniert und evakuiert sind, liefert Gundelach ebenfalls (s. Fig. 5).

Zu erwähnen bleibt, daß die Röhren sehr gut auch mit Induktor und Wehneltunterbrecher funktionieren. Eine damit aufgenommene Photographie ist in meiner ausführlichen Arbeit (Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft 15, S. 123, 1913) wiedergegeben. Es läßt sich auf diese Weise sehr leicht die Regelmäßigkeit von Unterbrechungen kontrollieren; auch kann man die Unterbrechungszahl bestimmen. Ganz allgemein können die „Seriententladungsröhren“ zur Bestimmung kleiner Zeiten benutzt werden.

Will man z. B. etwa die Belichtungszeit eines photographischen Momentverschlusses prüfen, so braucht man nur das Bild einer solchen Röhre auf der Mattscheibe zu beobachten. Sieht man beim Funktionieren des Momentverschlusses etwa 9 Zacken (Einzelentladungen der Röhre), so war das Objektiv 0,09 Sekunde geöffnet. Beträgt doch die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zacken $\frac{1}{100}$ Sekunde, vorausgesetzt: Wechselstrom von 50 Perioden.

Immerhin mögen solche kleinen Anwendungen nur nebenbei erwähnt sein, da die neuen Röhren wohl hauptsächlich durch ihre aparte Wirkungsweise allgemein Freude machen dürften.

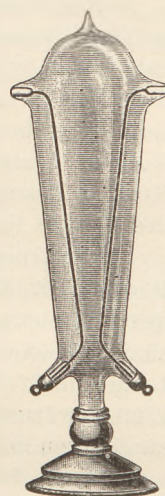


Fig. 5.

Die Bereitung von Phosphorwasserstoff beim Unterrichts, nebst Bemerkungen über das Irrlicht.

Von **H. Rebenstorf** in Dresden.

Bei der großen Wichtigkeit des Vermeidens von Gefahren beim experimentellen Unterrichts möchte ich meinem Aufsatz in *d. Zeitschr. XXV, 230: Explosionsmöglichkeiten bei Versuchen mit Wasserstoff* noch einige ergänzende Bemerkungen nachschicken: Es wurde u. a. berichtet, daß gerade das zur Verhütung von Explosionen des Gemisches von Phosphorwasserstoff und Luft vielfach empfohlene vorherige Füllen des Entwicklerkolbens mit Wasserstoff einmal eine Explosion hervorrief, die leicht schlimme Folgen hätte haben können. Zur Aufhebung dieser bisher nicht bekannten Gefahr wurde dann ein einfaches Hilfsmittel angegeben. Man braucht nur in den Gasstrom vor dem Entwicklerkolben eine mit Kalilauge versehene Waschflasche vorzuschalten, während zunächst sich im Kolben nur etwas Wasser über den Phosphorstückchen befindet. Sobald dann die Luft im Kolben durch Wasserstoff ersetzt ist, kehrt man die zwischen den Schläuchen befindliche Waschflasche mit dem Boden aufwärts, so daß die Lauge in den Kolben fließt. Hierauf wird die Wasserstoffzufuhr abgestellt.

Mit diesen Ausführungen sollte aber keineswegs die unbedingte Notwendigkeit eines vorherigen Füllens des Entwicklergefäßes mit sauerstofffreiem Gase behauptet werden. Trotzdem die allbekannte einfache Bereitungsart von Phosphorwasserstoff in kleinem Kölbchen — der Vorsicht wegen bei späterem Abschließen seiner Mündung — in neueren Experimentierbüchern überhaupt fehlt, so macht man doch wohl allermeist den Versuch ohne vorheriges Füllen mit Wasserstoff. Vielleicht wären auch sonst ähnliche Explosionen wie die beschriebene früher bekannt geworden. Es ist dankenswert, daß **LÖWENHARDT** (*d. Zeitschr. XXV, 368*) und neuerdings **BISSINGER** (*XXVI, 126*) das einfache Verfahren ausdrücklich empfehlen, hoffentlich mit der Wirkung, daß es auch wieder in den Experimentierbüchern zu Ehren kommt. Be-

schrieb doch Dammer die Bereitung des Gases ähnlich so vor Jahrzehnten sogar in dem bekannten Knaben-Experimentierbuch (2. Aufl. 1876, S. 331).

Nur wenn man, wie der Verfasser es seinerzeit vorhatte, das Gas in etwas größerer Menge und nicht — wegen des Schäumens der Kalilauge — recht langsam entwickeln will, dann möchte man das mit der beschriebenen Abänderung ungefährliehe Verfahren des vorherigen Füllens des größer zu wählenden Kolbens mit Wasserstoff stets bevorzugen. Die an der Mündung des noch nicht fest verschlossenen Kolbens sonst auftretende, nunmehr zentimetergroße Flamme setzt auch leicht den Kork in Brand, und nicht ganz geschickte Hände möchten dabei mit dem Einpressen des Korkes ihre Not haben.

Die frühere oder spätere Entwicklung von Phosphorwasserstoff beim Stehen von Phosphor in Kalilauge bei gelinder Wärme hängt von der Oberflächenbeschaffenheit des Phosphors ab. Befanden sich die Stücke lange im Wasser der Vorratflasche, so sind sie bekanntlich nicht so reaktiv. Besonders wenn der Phosphor aber unter der Lauge nach einiger Dauer der Entwicklung im Kölbchen bleibt, kann man auch bei Zimmerwärme einen langsamen Fortschritt der Gasentstehung an den winzigen Entzündungen beobachten, die dann wochenlang von Zeit zu Zeit sichtbar und hörbar sind.

Auch beim einfachen bloßen Gebrauch des Kölbchens (nach LÖWENHARDT zu 125 ccm, nach DAMMER zu 60 ccm) müssen natürlich die noch verbleibenden Gefahren beachtet werden. Auf die Verwendung eines Sandbades weisen beide Autoren hin. Die Benutzung von heißem Wasser zum Durchperlen des aus weitem Glasrohr aufsteigenden Gases hat den Nachteil, daß die Wärme die Luft über dem Wasser unruhig macht und das Auftreten formschöner Ringe hindert.

Ebenso unvollständig wie ohne das einfache Verfahren der Verwendung kleiner Kolben wären Versuchsbeschreibungen über das selbstentzündliche Gas, wenn nicht auch die Benutzung von Phosphorcalcium empfohlen würde, mit dem Zusatze der leichten Herstellbarkeit desselben aus Phosphor und dem jetzt erhältlichen pulverigen Calciummetall nach OHMANN (d. Zeitschr. XIX, 87).

Schließlich sei noch bemerkt, daß die Vorführung von Phosphorwasserstoff eigentlich wirkungsvoller wird, wenn die Selbstentzündlichkeit nicht schon beim Vorbereiten des Versuchs und beim Abschließen des Kölbchens mehr oder weniger deutlich bekannt wird, sondern erst dann auf einmal in die Erscheinung tritt, wenn die erste Blase des genügend rein herandringenden Gases mit dem leichten Knalle aufblitzt.

Wer, vielleicht durch die Schüler selbst angeregt, an die schöne Demonstration des selbstentzündlichen Gases einige Bemerkungen über die heikle Frage der Irrlichter anschließt, berührt damit ja freilich keinen für die Klassenprüfung geeigneten Gegenstand und handelt der einst so stark betonten Vorschrift entgegen, daß Unentschiedenes nicht in den Unterricht gehöre. In unseren Zeiten des biologischen Denkens kann jene Vorschrift aber nicht mehr gelten, und vereinzelt sollten doch Gelegenheiten benutzt werden, die das Entstehen irriger Wahrnehmungen und Meinungen einmal vor Augen führen. Einzelne Schüler wissen vielleicht bestimmt anzugeben, daß hier oder dort ein Irrlicht tatsächlich gesehen wurde. Vor einiger Zeit waren wieder diese zweifelhaften Gebilde von deutschen Ballonfahrern über den Rokitnosümpfen in Westrußland bemerkt worden. Manche solcher vermeintlichen Beobachtungen der Erscheinung sind jedenfalls dem „Stäbchensehen“ LUMMERS zuzuschreiben, dem Wahrnehmen und Verschwinden von schwachen Reflexen, die nicht mit dem gelben Fleck bemerkt werden können. Ganz zweifelhaft an der Ansicht, daß es keine Irrlichter gäbe, wird man aber beim Lesen der von PFAUNDLER gegebenen Beschreibung (Müller-Pouillet, *Lehrbuch der Physik*, 9. Aufl., II, 2, S. 760). Sollten aber nicht genau so diese schwach leuchtenden Gase aus einem Sumpfe empor-treten können, wo vor einiger Zeit jemand, etwa ein jugendlicher Experimentator,

etwas gelben Phosphor fortgeworfen hatte, der besonders an warmen Tagen die im Gekrät des seichten Gewässers zurückgehaltenen Mengen von Sumpfgas mit reinem Dampfe versah. Gase, die mit Phosphor in Berührung waren, phosphoreszieren, wo sie an die Luft treten (vgl. das Referat über Versuche von HANS SCHMIDT *ds. Zeitschr.* XXVI, 185). Vielleicht macht man einmal in einer geeigneten Örtlichkeit hiervon die Probe¹⁾.

Für die Praxis.

Zur Implosion Weinhold-Dewarscher Gefäße. Von Hans Schimank in Berlin-Schöneberg. Auf Grund mehrjähriger eigener Erfahrungen wollte ich den sehr zutreffenden Ausführungen des Herrn Prof. OHMANN im dritten Heft dieses Jahres (S. 170) noch einiges hinzufügen. Wie dort mit Recht hervorgehoben wird, ist der obere Rand der Gefäße der temperaturempfindlichste Teil, weil dort die innere und äußere Wandung miteinander verblasen sind und demzufolge Stellen von sehr verschiedener Stärke oft nahe beieinander liegen. Daß gerade dort bei plötzlichen größeren Temperatursprüngen starke Spannungen entstehen, die leicht zur Zertrümmerung des Gefäßes führen können, leuchtet ohne weiteres ein. Vielfach sucht man sich durch Metallkappen zu schützen, die nach innen und außen über den oberen Teil der Gefäße reichen, bzw. man bestreicht sie mit Metallbronze. Es ist nicht zu leugnen, daß diese Vorkehrungen in vielen Fällen ihren Zweck erfüllen und durch Wärmeleitung einen raschen Temperatureausgleich vermitteln und so ein Springen des Glases verhüten. Wirklich zuverlässig ist diese Maßregel jedoch nicht. Am besten schützt man sich immer noch dadurch, daß man sorgfältig darauf achtet, daß kein Tropfen flüssiger Luft auf den Rand der Dewars spritzt. Besonders ist daher auch ein zu rasches Eintauchen irgend welcher Versuchsanordnungen in die flüssige Luft, die sich schon in dem Gefäße befindet, zu vermeiden. Infolge des Leidenfrostschens Phänomens tritt hierbei häufig ein starkes Aufsieden der Luft ein, und die aufspritzenden Tropfen können dabei leicht genug den empfindlichen Rand treffen. Man habe daher beim Eintauchen etwas Geduld und senke den betreffenden Körper langsam nach und nach ein.

Das vorherige Ausschwenken mit Alkohol wird zwar vielfach empfohlen, man läuft aber auch keine größere Gefahr, daß das Dewar springt, wenn man zunächst eine kleine Menge flüssiger Luft einfüllt und mit dieser umschwenkt.

Übrigens hat es den Anschein, daß vielbenutzte Gefäße mit der Zeit einer Art Altersschwäche verfallen. Ich hatte mehrfach Gelegenheit, zu beobachten, wie Dewargefäße, die bereits mit flüssiger Luft gefüllt waren, ohne ersichtliche äußere Ursache plötzlich sprangen. Besonders gefährlich pflegen aber diese Implosionen nicht zu sein, selbst wenn einem das Gefäß direkt unter den Händen springt. Dies gilt aber nicht von Implosionen starkwandiger Glasflaschen. Wie Herr Prof. von Wartenberg mir gelegentlich mitteilte, war er selbst Zeuge, wie eine starkwandige Glasflasche, die luftleer gepumpt war, zersprang, und dabei den Tisch durchschlug, auf welchem sie stand.

Will man die flüssige Luft nach Anstellung der Versuche aus dem Dewargefäße wieder entfernen, so stellt man sich am einfachsten aus einem starken Draht und Schreibpapier einen Schöpflöffel her und füllt mittels eines Papiertrichters die Luft in die Transportflasche zurück. Dabei ist der Trichter so zu halten oder anzubringen, daß er die Wandung des Gefäßes nirgends berührt. Den letzten Rest gießt man dann mit einem kurzen Ruck aus.

¹⁾ Ausführliches über als Irrlichter erklärte Erscheinungen bietet: H. Fornaschon im *Archiv der Naturfreunde in Mecklenburg*, 1894, S. 32 und 1899, S. 34.

Beim Ankauf von Dewargefäßen achte man darauf, daß der obere Rand ein möglichst gleichmäßiges Aussehen hat. Erfahrungsgemäß springen Gefäße, die in dieser Beziehung schlecht gearbeitet sind, leichter als andere, die keine solche Fehler aufweisen. Für die weitaus meisten Zwecke — wofern nicht die Gefäße unversilbert, also durchsichtig sein sollen — bilden die Thermosflaschen ein ebenso billiges wie ausreichendes Material, schützen vor allem auch bei etwaigen Implosionen gegen das seitliche Herumfliegen von Sprengstücken. Zu vermeiden ist auch die abwechselnde Verwendung ein und desselben Dewars für Kältemischungen, die Eisstücke enthalten, und flüssige Luft.

Beim Arbeiten mit flüssigem Wasserstoff ist wegen dessen guter Wärmeleitfähigkeit die Gefahr des Zerspringens weitaus geringer, so daß man diesen beispielsweise ohne großes Risiko über den Rand ausgießen kann. Hiermit dürfte wohl alles Wesentliche über die Handhabung von Dewargefäßen gesagt sein.

Zeitmessung durch Abhören an der Taschenuhr. Von H. Rebenstorff in Dresden. Als Ersatz der Stoppuhr für die Bestimmung kurzer Zeitgrößen ist der Sekundenzeiger einer Taschenuhr am besten so verwendbar, daß sich zwei Beobachter vereinigen, indem der eine im wesentlichen nur den Zeitmesser abliest, der andere aber, je nach den Umständen, einen oder beide Endpunkte der Zeitstrecke durch einen kurzen Zuruf angibt. Auch dann treten infolge Ungewohnheit des schnellen Bestimmens der jeweiligen Zeigerstellung Unsicherheiten auf. Macht man die zu messende Zeit durch Aufpochen auf den Tisch zu Anfang und Ende hörbar, so bringen doch die Schüler nach ihrer Taschenuhr recht verschiedene Sekundenzahlen heraus.

Nun ist seit geraumer Zeit bekannt (Verfasser hat es zuerst in Donaths Physikalischem Spielbuch gefunden), daß eine gewöhnliche Taschenuhr im Tempo von Fünftelsekunden tickt. Wenn man daher nach der ans Ohr gehaltenen Uhr in der Reihe 0, 1, 2, 3, 4, 5, 1, 2, . . . leise mitzählt, so gibt die Anzahl der Fünfen die Zahl der Sekunden an. Man kann diese zur Erleichterung des gleichzeitigen Abzählens mit dem Bleistift auf Papier markieren, oder auch bei kurzen Zeiten mit den Fingern der anderen Hand abzählen; die überschießenden Fünftel können daneben bemerkt werden.

In der Praxis ist jedoch diese Zeitmessung eine kleine Glanzleistung für scharfe Sinne und besonders strenge Beschränkung der Aufmerksamkeit. Das Fünftertempo wird dem Zählenden nicht recht geläufig; und diese Zeitbestimmung hat sich daher auch wohl nicht eingebürgert.

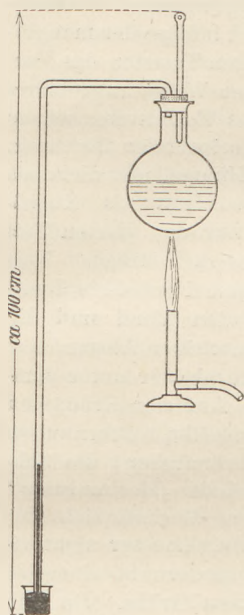
Viel leichter wird die Sache, wenn man hingegen im Tempo 0, 1, 2, 3, 4, 1, 2 . . . hinhört, und die Vierergruppen gesondert zählt. Das Vierertempo ist man schon vom Marschieren her mehr gewohnt. Der Versuch zeigt, daß es jedem sofort gelingt, von den fünf leisen Schlägen der Uhr pro Sekunde je vier zusammenzufassen und gleich diese Gruppen mit 0, 1, 2, 3 . . . abzuzählen. Die Fünftel kann man beim Fortfallen des sonst ja auch ganz schnell nötigen Mitzählens ebenfalls feststellen. Die Probe macht jeder leicht an seiner Taschenuhr oder am Chronoskop. Da die einzelne Gruppe von vier Tickgeräuschen jetzt $\frac{4}{5}$ Sekunden dauert, so kommen auf die Minute 75 Gruppen.

Sobald der Sekundenzeiger einen neuen Kreislauf beginnt, bringt man die Uhr schnell ans Ohr. Nach 4 Schlägen zählt man eins, und so immer fort. Kurz vor 75 (also bei $74\frac{3}{4}$) bringt man das Zifferblatt schnell wieder in die Sehweite, und der Zeiger wird im nächsten Augenblicke wieder unweigerlich durch die Anfangsstellung gehen. Erst dieses Abzählen nach Vierfünftelsekunden macht die Taschenuhr zu einem bequemen Ersatz der Stoppuhr. Die erhaltene Zahl ergibt nach Abziehen von einem Fünftel ihres Wertes die Zeit in Sekunden.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein messender Versuch über die Abhängigkeit der Siedetemperatur vom Druck. *School Science and Mathematics*, April 1913. (Ohne Angabe des Verfassers.) Ein bekannter Versuch wird in einer bisher wohl noch nicht bekannten Weise ausgewertet. Ein runder Glaskolben von mittlerer Größe wird durch einen Kautschukstopfen verschlossen, der mit zwei Bohrungen für ein Thermometer und ein zweimal rechtwinklig gebogenes Glasrohr versehen ist.



Das abwärts gerichtete Stück des Rohrs ist etwa 1 m lang und trägt in den Abständen 5 cm und 10 cm vom Ende eingeritzte Marken. Man bringt das Wasser zum Sieden, und zwar so lange, bis man sicher sein kann, daß alle Luft ausgeblieben ist. Man liest den Barometerstand und die Temperatur des siedenden Wassers ab. Darauf taucht man das untere Ende des Rohres in ein mit Quecksilber gefülltes Probierglas bis zur Tiefe von 5 cm, und sobald das Wasser

wieder siedet und die Temperatur konstant geworden ist, liest man Temperatur und Druck ab; dies wiederholt man, nachdem man das Rohr 10 cm tief eingetaucht hat.

Nunmehr entfernt man das Probierglas, gießt das Quecksilber in ein kleines Becherglas und taucht, sobald das Wasser von neuem kräftig siedet, das Ende des Rohres in das Quecksilber ein, indem man gleichzeitig die Flamme entfernt. Das Wasser fährt fort zu siedeln und das Quecksilber steigt in dem Rohr langsam in die Höhe, während sich auf ihm eine an Höhe zunehmende Wasserschicht kondensiert. Man macht nun in kurzen Intervallen folgende Ablesungen: Temperatur, Quecksilberhöhe und Länge der Wassersäule. Nach einiger Zeit muß man den Kolben mit etwas kaltem Wasser übergießen, um das darin befindliche Wasser zum Sieden zu bringen. Dies setzt man fort, solange das

Wasser noch zum Sieden gebracht werden kann.

Bei den ersten Versuchen ist der Druck gemessen durch den Barometerstand plus der Tiefe, bis zu der das Rohr in das Quecksilber tauchte; bei der zweiten Versuchsreihe erhält man den resultierenden Druck, indem man die Quecksilberhöhe um $\frac{1}{13,6}$ der Wassersäule vermehrt und diese Summe vom Barometerstand abzieht. Man trägt alle Daten in eine Tabelle ein und stellt den Zusammenhang graphisch dar. P.

Das Gefrieren von Wasser im Vakuum.

Von E. COMINOTTO. (*Il Nuovo Cimento*, Aprile 1913.) Der übliche Luftpumpenversuch läßt sich in folgender Weise mit sehr augenfälligem Erfolg anstellen. Man nimmt ein zylindrisches Glasgefäß von etwa 15 cm Höhe und 6 cm Durchmesser, teilt es durch eine bis etwa zur Mitte hineingezwängte Korkscheibe von 15 mm Dicke in zwei Teile und bringt auf die Scheibe eine Wasserschicht von etwa 1 cm Höhe. Man stellt dann das Gefäß zusammen mit einer Schale, die etwas Schwefelsäure enthält, unter eine Rezipientenglocke und pumpt den Raum luftleer mit Hilfe einer elektrisch betriebenen Gaedepumpe. In 8 Minuten beginnt das Wasser zu gefrieren und in einer halben Stunde ist die ganze Wasserschicht in eine Eisscheibe verwandelt. Dies Resultat kommt dadurch zustande, daß während des Auspumpens die Luft aus dem unteren Teil des Gefäßes durch die Korkscheibe hindurch entweicht, und, indem sie in Blasen durch das Wasser hindurchtritt, dessen Verdunstung verstärkt. Der Verfasser glaubt, daß dieser Versuch sich auch in größerem Maßstabe mit gutem Erfolge wiederholen läßt, besonders wenn man die Schwefelsäure wie in der Casséschen Eismaschine in Bewegung erhält. P.

Versuche mit unbrauchbar gewordenen Glühlampen. G. Faber beschreibt im Württembergischen Schulblatt (nach der Zeitschr. f. Lehrmittelwesen 1913, Nr. 2) außer den schon bekannten Versuchen noch den folgenden. Man fülle die Birne, indem man die Spitze unter Wasser abknipst, mit Wasser. Schraubt man nun die so gefüllte Birne in das Gewinde einer elektrischen Lampe in hängender Stellung ein und schaltet den Strom ein, so steigen an den beiden Elek-

troden Gasbläschen auf, während eine entsprechende Wassermenge aus der Öffnung abtropft. Bei Gleichstrom beobachtet man auch, daß die Gasmenge an dem einen Pol

doppelt so groß ist, wie am andern. Mit dem angesammelten Knallgas weiter zu experimentieren, dürfte sich nur bei großer Vorsicht empfehlen.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die scheinbare Form des Himmelsgewölbes und die scheinbare Größe der Gestirne und Sternbilder. Von W. FILEHNE (*Deutsche Revue* 1912, Heft 11 und 12). Aus dem interessanten Aufsatz seien die Grundgedanken hier mitgeteilt. Aus den Wahrnehmungen des Gesichtssinnes entwickeln sich unter Mitwirkung des Tastsinnes die „optischen Vorstellungen“ von einer äußeren Wirklichkeit. Durch Abtasten, Hingreifen, Abschreiten usw. lernt das Kind (oder der blindgeborene, aber durch Operation sehend gewordene Erwachsene) das Netzhautbild perspektivisch ausdeuten. Da für die nächste Umgebung die Gesichtswahrnehmungen immer wieder durch den Tastsinn kontrolliert worden sind, haben wir hier gelernt, Entfernungen und Objektgrößen nach allen Richtungen (oben, unten, vorn, hinten, nach den Seiten) „richtig“ wahrzunehmen. Werden z. B. auf einer durch unsern Fußpunkt gezogenen horizontalen Geraden von diesem aus Strecken von Körpergröße (etwa 1,6 m) abgetragen, dann erscheinen uns etwa die ersten 8 Strecken, obgleich die Schwinkel nacheinander 45° , $18\frac{1}{2}^\circ$, 8° , $4\frac{1}{2}^\circ$, $2\frac{3}{4}^\circ$, $1\frac{5}{8}^\circ$, $1\frac{1}{3}^\circ$, 1° betragen, gleich groß, weil sie tatsächlich gleich groß sind. Das gleiche gilt für eine an der Zimmerdecke durch den senkrecht über dem Scheitel liegenden Punkt gezogene Gerade. Auch erscheint uns ein Mensch in etwa 10 m Abstand nicht kleiner als in 3 m Abstand. Bei der Ausdeutung des Nahbildes helfen uns das zweiäugige stereoskopische Sehen, die Akkommodation für größere oder geringere Nähe, die parallaktische Verschiebung bei Bewegungen des Körpers. Diese Einrichtungen versagen aber für die Ferne. Und da hier auch die Kontrolle durch Tasten, Schreiten usw. unzulänglich ist, so sehen wir für größere Entfernungen, z. B. für etwa 50 bis 100 m, Gegenstände und Fußbodenstrecken zu klein, aber immerhin noch einigermaßen „richtig“. Mit zunehmender Entfernung werden sie aber immer kleiner (so daß in 1000 m Entfernung z. B. ein Eisenbahnzug wie ein Spielzeug erscheint). Selbst wenn der Fußboden sich nach allen Seiten ins Unbegrenzte erstreckte, und die Atmosphäre vollkommen durchsichtig wäre, würde in verhältnismäßig bescheidener

irdischer Entfernung unserem Sehen eine Grenze gesetzt sein, die sich beim Umherblicken als Horizontalkreis zu erkennen geben müßte, ganz so wie jetzt auf unserer sphäroidalen Erde. Das „Vertiefen“, das psychologische Dehnen der Strecken wird nun am Erdboden durch Tasten, Schreiten, ja durch meilenweites Wandern gewonnen. In vertikaler Richtung aber wird infolge der mangelhaften Kontrolle durch den Tastsinn das Vertiefen in unvollkommener Weise ausgebildet und die Grenze unseres Entfernungssehens früher erreicht als in horizontaler Richtung. Hieraus folgt, daß der Himmel uns nicht als Halbkugel erscheint, sondern als Kugelsegment, dessen Höhe nur den vierten Teil des Grundkreishalbmessers beträgt. Nun sehen wir an diesem Himmel sowohl in Zenitnähe als am Horizont den Mond und die Sonne, ferner den gegenseitigen Abstand der Sterne, also auch die Sternbilder unter demselben Gesichtswinkel. Auf der Erde sind wir aber nur darauf eingeübt, Entfernungen und Größen sinnlich aufzufassen, die Schwinkel aber nur innerhalb des „Mechanismus“ des Sehens zu verwerten. Deshalb sieht der Unbefangene den Monddurchmesser nicht als Winkelbogen von $31'$, sondern in einer bestimmten gegenständlichen Größe. Da nun der Himmel in horizontaler Richtung uns ungefähr 4 mal so weit entfernt erscheint als in vertikaler, so werden wir den Monddurchmesser und natürlich auch jedes Sternbild am Horizont etwa für 4 mal so groß halten als in Zenitnähe. Diese „optischen Täuschungen“ sind keine Urteilstäuschungen, da sie nicht durch einen besonderen, in der Zeit ablaufenden Denkprozeß hervorgebracht werden; sie verdanken ihr Entstehen vielmehr psychologischen, mit dem Ursprung des räumlichen Sehens zusammenhängenden Motiven. Der hierbei ablaufende psychologische Prozeß und die „Mechanisierung“ der darauf beruhenden Vorstellung läßt sich bei Betrachtung eines Landschaftsbildes näher verfolgen. Das auf der Netzhaut von einem Gemälde (oder einer Photographie) entworfenene Abbild entspricht genau demjenigen, das wir von der wirklichen Landschaft erhalten hätten, wenn wir sie von dem Punkte aus betrachteten,

von dem aus der Maler sie aufgenommen hatte. Verschieden ist nun bei den verschiedenen Menschen die Gabe, die perspektivische Vertiefung solcher gemalter Landschaften im Bewußtsein zu vollziehen. Dies beruht auf der mehr oder weniger großen Schwierigkeit, von der umgebenden Räumlichkeit zu abstrahieren. So ist schon die zwei- äugige Wahrnehmung des Gemäldes als eines objektiv in dem Zimmer vorhandenen Gegenstandes störend. Der perspektivische Eindruck wird von vielen instinktiv erreicht, indem sie das eine Auge schließen. Andere blenden sich die reale Umgebung dadurch ab, daß sie eine Hand zu einer Röhre krümmen und durch diese das Gemälde betrachten. Hat man sich nun auf solche Art von einer langgestreckten mehr oder weniger breiten Fläche im Hintergrund, z. B. einer Wiese, einen perspektivischen Eindruck verschafft, und betrachtet man dann unter Wiederbeachtung des wirklichen Raumes und unter Aufgabe der perspektivischen Vertiefung den objektiven Fleck auf dem Bilde, den dort die Wiese einnimmt, so ist man erstaunt, wie klein dies Fleckchen im Vergleich zu jener nachgeschaffenen Wiese ist. Wenn man dieses Fleckchen für sich allein betrachtet, indem man alles übrige mit einem indifferenten Materiale zudeckt, so ist man nicht oder kaum imstande, es wieder zu einer „Wiese“ zu dehnen. Um psychologisch diese Dehnung des kleinen Fleckchens unseres Netzhautbildes bewirken zu können, bedarf es eben der Umgebung jenes Fleckchens. Je weiter von uns weg wir auf Grund der auf dem Bilde gegebenen perspektivischen Motive die durch das Fleckchen dargestellte „Wiese“ verlegen, um so größer erscheint uns die Wiese. Und sogar der „Himmel“, selbst wenn er wolkenlos gemalt ist und keine Vögel in der Luft fliegen, wird machtvoll, im organischen Zusammenhange mit dem Fußboden, den Wiesen, Baumgruppen usw. vertieft, gedehnt und wird zur Himmelskuppel. Auch an ihm werden die einzelnen Fleckchen um so mehr gedehnt, je weiter von uns in horizontaler Richtung Entferntes sie am Himmel darstellen. Und dieses Dehnen ist nicht ein durch Nachdenken gewonnener Schluß, kein Urteil, keine Schätzung, sondern eine infolge millionenfacher Lebenserfahrung mechanisierte (Zwangs-) Vorstellung, eine unmittelbar eindringliche Wirklichkeitsanschauung, der wir nicht entrinnen können. Wenn wir anderseits nicht das Gemälde, sondern die wirkliche Landschaft vor uns haben, dann liegt die Sache ebenso; denn das auf unserer

Netzhaut entworfene Bild ist genau ebenso flächenhaft wie das bei der Betrachtung der Bilder erhaltene. Betrachten wir eine 500 m entfernte Wiese, dann sehen wir sie räumlich ausgedehnt; würden wir auf unserer Netzhaut nur dieses Fleckchen abgebildet besitzen, indem wir die nächste Umgebung desselben, etwa durch Betrachtung einer Röhre, abblenden, so würde diese Wiese zusammenschrumpfen. Wer zwei gleichgute Augen hat, kann zu gleicher Zeit mit dem einen Auge den Gegenstand bei freier Betrachtung groß und mit dem andern Auge — durch das Rohr — klein sehen, und doch ist es ein und derselbe Gegenstand in ein und derselben Entfernung. Hier hilft kein Nachdenken, keine Willensanstrengung. Wenn wir nun den am Horizonte aufgehenden Vollmond erst mit freiem Auge und dann durch ein (wenn möglich im Innern angeschwärztes) Rohr betrachten, so erscheint er im letzteren Falle noch nicht halb so groß wie bei freier Betrachtung. Und wenn er etwa eine oder zwei Stunden später ein Stück über dem Horizonte steht, so erscheint im Rohre das Himmelsstück zwischen Mond und Horizontkreis etwa halb so groß wie bei freiem Auge; der Mond selber aber erfährt jetzt durch die Rohrbetrachtung eine unverkennbar geringere Verkleinerung als vorher beim Aufgange, und je höher er steigt, um so geringer wird die Verkleinerung durch das Rohr, um ganz unmerklich zu werden, sobald er die Höhe von 40 bis 50° über dem Horizonte erreicht hat. Also auch am Himmel vermindert sich die perspektivische Vertiefung, das Dehnen der — irrtümlicherweise — als perspektivisch verkürzt angesehenen „Strecken“, sobald wir mittelst des Rohrs die umgebenden Partien abgeblendet haben.

Nun ist noch ein Punkt zu beachten. Viele Menschen, vielleicht die Mehrzahl, erklären auf Befragen, daß ihrer Erinnerung nach der aufgehende Mond ihnen näher erscheine im Vergleiche zu sonst, wo sie den Mond hoch am Himmel gesehen haben. Nach unserer Erklärung sehen wir den aufgehenden Mond deswegen größer als den hochstehenden, weil wir ihn am Horizont in eine größere Entfernung projizieren, als wenn er hoch steht. Und doch wird er näher gesehen? Ist dies nicht ein Widerspruch, der das Vorhergehende widerlegt? Keineswegs! Das Großsehen am Horizont ist eine Täuschung, die auf einer mechanisierten unmittelbaren Sehvorstellung beruht, und nicht etwa eine Urteilstäuschung. Diejenigen

aber, die den aufgehenden Vollmond für besonders nahe halten, sind sekundär einer Urteilstäuschung anheimgefallen. Wenn wir eine entferntstehende, vorher mit unbewaffnetem Auge gesehene Person durch ein Opernglas betrachten, und wenn hierdurch ihr Bild auf unserer Netzhaut größer ausfällt, so schließen wir, daß sie, weil wir sie größer sehen, näher sein müsse. Dasselbe gilt vom Monde, wenn wir ihn mit dem Opernglase betrachten. Und wo immer wir diesen unsern alten guten Bekannten vergrößert sehen, werden wir geneigt sein, in die Urteilstäuschung zu verfallen, daß wir ihn für näher halten — also auch am Horizonte. Das ändert aber nichts daran, daß wir ihn in der mechanisierten Sehvorstellung deswegen am Horizonte größer sehen als hoch am Himmel, weil wir ihn — zwangsweise — dort in eine größere Entfernung projizieren als hier.

E. T.

Röntgenstrahlen. 1. Interferenzerscheinungen. Die Beobachtungen von Friedrich, Knipping und Laue über Interferenzerscheinungen von Röntgenstrahlen an Kristallen (d. Zeitschr. XXVI, 47) sind nach mancher Richtung hin erweitert worden. W. L. BRAGG kam aus theoretischen Gründen zu dem Schlusse, daß die Interferenzflecke auch bei der Reflexion der Strahlen an einer Spaltfläche des Kristalls auftreten müssen¹⁾; namentlich bei Kristallen mit sehr ausgeprägten Spaltebenen, wie Glimmer, müßten sie sichtbar werden. Ein dünnes Bündel X-Strahlen fiel unter einem Einfallswinkel von 80° auf ein etwa 1 mm dickes Glimmerblättchen; eine photographische Platte zeigte dann vor dem Blättchen tatsächlich ganz ebensolche Flecke wie hinter dem Blättchen. Änderungen des Einfallswinkels und der Entfernung des Glimmerblättchens von der Platte ließen keinen Zweifel, daß dabei die Gesetze der Reflexion erfüllt waren. Ähnliche Beobachtungen machten C. G. BARKLA und G. H. MARRYN am Steinsalz²⁾. Über die horizontal gestellte Spaltfläche eines Steinsalzkristalls wurde eine Vakuumröhre gebracht, die in einem Bogen eines Vertikalkreises gedreht werden konnte, dessen Zentrum ein Punkt des Kristalls war und dessen Ebene eine der drei Hauptebenen des Kristalls bildete. Fielen die Strahlen nahezu streifend auf die Kristallfläche, so erhielt man auf einer

entsprechend gestellten photographischen Platte deutlich ausgeprägte Flecke; wurde das einfallende Strahlenbündel gedreht, so drehte sich das austretende Strahlenbündel in entgegengesetzter Richtung. Die Reflexion erfolgt nicht an der Oberfläche, sondern geht im Innern des Kristalls vor sich. Die Verfasser entdeckten ferner in der reflektierten Strahlung eine Reihe wohl ausgebildeter und gleich distanzierter Maxima an Stellen, die einer gleichen Zunahme von ϑ entsprechen ($\vartheta =$ Einfallswinkel der Strahlung), gleichsam als gäbe es eine Reihe von X-Strahlenspektren verschiedener Ordnung. Analoge Beobachtungen machten E. HUPKA und W. STEINHAUS bei Steinsalz und Glimmer; sie deuteten die entstehenden Streifen als Interferenzfransen. HUPKA fand auch, daß die „Reflexion“ nicht auf eine Wirkung der geometrischen Oberfläche, sondern auf das regelmäßige Molekülgefüge zurückzuführen ist, da eine mattierte Quarzfläche das Röntgenbündel regelmäßig, gewöhnliches Licht aber diffus zurückwarf³⁾. Auch E. A. OWEN und G. G. BLAKE fanden bei dem von der Spaltfläche eines Selenitkristalls reflektierten Bündel ein vollständiges Spektrum mit wohl definierten Linien, wobei Strahlen größerer Wellenlänge weniger abgelenkt waren als Strahlen kleinerer Wellenlänge⁴⁾. Die Härte der Röhre beeinflusste wohl die relative Intensität der Linien, machte aber keinen Unterschied bei ihren relativen Stellungen. M. DE BROGLIE machte Aufnahmen der bei Reflexion eines Strahlenbündels von einer Steinsalz- oder Flußspatfläche entstehenden Flecke und fand diese in elliptischen Kurven liegend⁵⁾. Der Fleck auf der Hauptachse war regelmäßig reflektiert; die andern lagen dazu symmetrisch und beruhen möglicherweise auf Reflexion an entsprechenden Oktaeder- oder Dodekaederebenen. Am Gips fand J. HERWEG deutliche Beugungsbilder, wenn ein feines Bündel Röntgenstrahlen nahezu streifend in der Ebene einer der Spaltrichtungen auf eine dünne Gipsplatte fiel. Die Beugungsbilder (zur Hälfte reflektiert, zur Hälfte hindurchgegangen) lagen auf einem Kreise, dessen Achse mit der betreffenden Spaltrichtung zusammenfiel⁶⁾.

W. L. und W. H. BRAGG gelang es, die reflektierte Strahlung auch durch ihre

³⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **15**, 162, 369 (1913).

⁴⁾ Nature **91**, 135 (1913).

⁵⁾ Nature **91**, 161 (1913).

⁶⁾ Phys. Zeitschr. **14**, 417 (1913).

¹⁾ Nature **90**, 410 (1912).

²⁾ Nature **90**, 435 (1912); 647 (1913).

Ionisationswirkung festzustellen. Bei einem Glimmerblättchen und einem sehr engen Strahlenbündel konnte man mit einer Ionisationskammer der Bewegung des reflektierten Flecks folgen, während das spiegelnde Blättchen gedreht wurde. Sie fanden die Interferenzmaxima bei drei bestimmten Winkeln, die sich von Kristall zu Kristall änderten, aber stets demselben Strahlungstypus entsprachen, und führten diese Erscheinung auf monochromatische, der Platinantikathode eigentümliche Wellen des primären Strahlenbündels zurück⁷⁾. H. MOSELEY und C. G. DARWIN fanden sogar fünf derartige Typen monochromatischer Strahlung, deren Reflexion bei bestimmten Winkeln erfolgte, während eine gleichzeitige unhomogene Strahlung bei allen Einfallswinkeln reflektiert wurde. Die Strahlen hatten auch nach der Reflexion den Charakter echter Röntgenstrahlen. Als Reflektoren dienten hier Steinsalz, Selenit und Ferrocyankalium; die Strahlen fielen fast streifend auf eine von Helium umgebene geladene Metallplatte und wurden durch ihre Ionisationswirkung mit dem Elektrometer beobachtet⁸⁾.

T. TERADA fand, daß die von Kristallen durchgelassene Strahlung mit Hilfe eines gewöhnlichen Fluoreszenzschirms sichtbar gemacht werden kann, wenn man nur ein genügend breites Strahlenbündel benutzt und die Kristalle hinreichend durchsichtig sind⁹⁾. In dieser Weise konnten die Interferenzflecke mit 4–10 mm dicken Platten von Borax, Aluminium, Glimmer, Flußspat, Steinsalz, Bergkristall, Zuckerkant beobachtet werden.

Eine ausführliche Theorie der von ihm beobachteten Erscheinungen hat LAUE gegeben¹⁰⁾. Die von dem primären Strahlenbündel getroffenen Kristallmoleküle werden zu Schwingungszentren, von denen miteinander interferierende Wellen ausgehen; der Kristall erscheint hiernach wie ein dreidimensionales Beugungsgitter. LAUE setzt den Anfang des Koordinatensystems in die Mitte eines beliebigen Atoms des durchstrahlten Kristalls; das Raumgitter besteht dann aus Elementarparallelepipeden, deren

Knoten in dem allgemeinsten Falle des triklinen Systems beliebige Winkel miteinander bilden. Für das reguläre System sind diese Winkel Rechte; der Verf. verlegt für diesen Fall die z -Achse in die Richtung der einfallenden Primärstrahlen, die x - y -Achsen in eine dazu senkrechte Ebene. Die Bedingungen für die Interferenzmaxima in der x - y -Ebene entsprechen denen des Kreuzgitterspektrums und liegen im Schnittpunkt von Hyperbeln; die Bedingung der z -Richtung ergibt Kreise, deren Mittelpunkt der Durchstoßungspunkt der Primärstrahlen ist. Die Kreise wählen aus den Kreuzgitterspektren diejenigen aus, die einem von ihnen hinreichend naheliegen, d. h., man wird auf der photographischen Platte die Kreise nicht ganz, sondern nur in einzelnen Punkten vertreten sehen. Diesen Eindruck erhält man in der Tat aus allen Aufnahmen. Bei der experimentellen Prüfung der Theorie benutzten FRIEDRICH und KNIPPING hauptsächlich eine senkrecht zur optischen Achse geschnittene Platte von Zinkblende, die auf optischem Wege genau justiert wurde. Standen die Primärstrahlen senkrecht zur Würfelfläche, so besaßen die Flecke eine vierzählige Symmetrie, standen sie senkrecht zu einer Oktaeder- oder Rhombendodekaederfläche, so erhielt man die Flecke in drei- bzw. zweizähliger Symmetrie. Bei Drehung des Kristalls um den primären Strahl drehte sich das Bild auf der Platte mit; eine Steigung des Kristalls um 3° ergab eine entsprechende Verschiebung der Flecke. Ähnliches zeigten Versuche mit Kupfervitriol, Steinsalz, Diamant. Zur quantitativen Prüfung der Theorie benutzte LAUE die mit Zinksulfid angestellten Versuche. Die Gitterkonstante ließ sich aus dem Molekulargewicht, der Dichte und der Zahl der Moleküle im Grammolekül berechnen und ergab $8,53 \cdot 10^{-8}$ cm. LAUE bestimmte die Koordinaten der Maxima und konstruierte diese auf Koordinatenpapier; ihre ausgemessene Lage erwies sich als in Übereinstimmung mit dem photographischen Bilde. Die Wellenlängen der verschiedenen Interferenzringe lagen zwischen $1,54 \cdot 10^{-8}$ und $3,34 \cdot 10^{-9}$ cm. Die Sondererscheinung länglicher Striche in den Helligkeitsmaximen führen LAUE und TAUKE auf einen, durch die wechselnde Entfernung der Antikathode vom Kristall veranlaßten Einfluß der Krümmung der einfallenden Wellen zurück.

Eine Erweiterung der Laueschen Theorie gab G. WULF, indem er die Kristallröntgenogramme mit dem Raumgitter des Kristalls in einen einfachen Zusammenhang brachte und

⁷⁾ Nature **90**, 572 (1913); Proc. Roy. Soc. **88**, 428 (1913).

⁸⁾ Nature **90**, 594 (1913); Phil. Mag. **26**, 210 (1913).

⁹⁾ Nature **91**, 135, 213 (1913).

¹⁰⁾ Berichte der Königl. Bayerischen Akademie 1912, S. 303, 363; Annalen der Physik **41**, 971, 989, 1003 (1913).

sie zu einer stereographischen Projektion des Kristalls benutzte¹¹⁾. Er zeigte auch, daß die Bragg'schen Reflexionen sich durch dieselbe Theorie darstellen lassen; die Kristallmoleküle senden eben nach allen Seiten miteinander interferierende Wellen aus. Zu ähnlichen Ergebnissen wie Wulff gelangte auch FRIEDEL¹²⁾. Eine hiervon völlig abweichende Theorie der Erscheinungen hat J. STARK entwickelt¹³⁾. Er denkt sich in den Kristallen atomerfüllte und atomleere Reihen („Kristallschächte“); die Röntgenstrahlen nimmt er als elektromagnetisch empfindliche Korpuskeln, deren Absorption und Zerstreung in der Richtung der Schächte leichter als in anderen Richtungen erfolgt. Die Bragg'schen Beobachtungen über Reflexion führten ihn dazu, die selektive Zerstreung der Strahlen an ausgezeichneten Ebenen in den Vordergrund zu rücken. In einer Kritik der Stark'schen Theorie zeigte M. LAUE, daß seine Röntgenogramme jenen Annahmen nicht entsprechen, namentlich sei deren Änderung bei Drehung des Kristalls nicht rein geometrisch durch Drehung der Kristallschächte zu erklären. Auch die wegen der Bragg'schen Beobachtungen anzunehmende Spiegelung an dicht mit Atomen besetzten Ebenen läßt sich aus der Interferenztheorie erklären, ohne daß man mit MANDELSTAM und ROHMANN anzunehmen braucht, daß diese Ebenen wirklich als Spaltflächen im Kristall auftreten müssen¹⁴⁾. Bemerkenswert sind auch die theoretischen Ausführungen von P. P. EWALD, welche die gleichen Gedanken wie die LAUES, nur in etwas allgemeinerer Form, enthalten¹⁵⁾.

Die bei Kristallen beobachteten Interferenzerscheinungen der Röntgenstrahlen hat W. FRIEDRICH auch an amorphen Körpern bemerkt¹⁶⁾. Ein enges, 1 mm Querschnitt habendes Bündel kräftiger Röntgenstrahlen durchsetzte ein 3 mm dickes Scheibchen Klebwachs; man erhielt dann auf einer photographischen Platte nach einer Exposition von 2000 Milliampere Minuten ein Bild, das aus einem von den Primärstrahlen erzeugten schwarzen Kreis bestand, der in einigem Abstände von mehreren konzentrischen Be-

gungsringen umgeben war. Bei anderen Körpern, wie Kanadabalsam, Paraffin, Paraffinöl, Bernstein und Meerschäum, wurden ebenfalls Andeutungen von Ringen oder ein allmählicher Abfall der Schwärzung festgestellt. Die ganze Erscheinung war durchaus analog der Art, wie Licht durch ein trübes Medium zerstreut wird, ähnlich Beugungsringen, wie sie an behauchten Glasplatten auftreten, oder den Höfen um Sonne und Mond. Der Durchmesser der beugenden Teilchen beträgt hierbei das etwa 10- bis 100fache der Wellenlänge der auffallenden Strahlen. Nimmt man als beugende Teilchen Atome von der Größenordnung 10^{-8} cm, so würde dem gleichen Verhältnis eine Wellenlänge der auffallenden Röntgenstrahlung von 10^{-9} cm entsprechen. Die Erscheinung wurde erheblich beeinflusst durch die Zusammensetzung der Primärstrahlen, indem eine Eisenantikathode ein völlig anderes Beugungsbild ergab als eine Antikathode aus platinplattiertem Nickelblech. Bei Kristallen konnte ein derartiger Einfluß niemals bemerkt werden. Auch durch rein mechanische Veränderungen des beugenden Körpers wurde das Beugungsbild beeinflusst; wurde das Klebwachs im Schraubstock einseitig zusammengedrückt, so erfolgte senkrecht zur Druckrichtung eine Auslöschung der Ringe.

2. Sekundärstrahlen. Ein von Röntgenstrahlen getroffener Körper kann zweierlei Arten von Sekundärstrahlen aussenden. Die eine Art bilden die zerstreuten (scattered) Strahlen; sie sind von derselben durchdringenden Kraft wie die Primärstrahlen. Die zweite Art bilden die Eigen-(Fluoreszenz-) Strahlen, deren Eigenschaften von der Substanz und nicht von den Primärstrahlen abhängen; sie werden nur von einer Primärstrahlung erzeugt, die härter ist als sie selbst. A. SOMMERFELD bezeichnet die zerstreute Strahlung als ein durch die Primärstrahlung hervorgerufenen erzwungenen Mitschwingen der Elektronen in der getroffenen Substanz, die Eigenstrahlung als die von den Primärstrahlen angeregten freien Schwingungen der Elektronen, als ihre Eigenschwingungen in dem betreffenden Material¹⁷⁾. Sind I_a und I_{90} die Intensitäten der Sekundärstrahlung in Richtungen, die mit der Primärstrahlung die Winkel α^0 und 90^0 bilden, so ist nach Barkla für zerstreute Strahlen I_a/I_{90} im allgemeinen $= 1 + \cos^2 \alpha$, für Eigenstrahlen nach allen Richtungen $= 1$. Die zer-

¹¹⁾ Phys. Zeitschr. **14**, 217 (1913).

¹²⁾ Compt. rend. **156**, 1676 (1913).

¹³⁾ Phys. Zeitschr. **13**, 973 (1912); **14**, 319 (1913).

¹⁴⁾ Phys. Zeitschr. **14**, 220, 421 (1913).

¹⁵⁾ Phys. Zeitschr. **14**, 465 (1913).

¹⁶⁾ Phys. Zeitschr. **14**, 317 (1913).

¹⁷⁾ Die Naturwissenschaften **1**, 705 (1913).

streute Strahlung erhält man rein nur von einer leichteren Substanz, wie Kohle oder Paraffin; doch fand H. PEALING bei Kohle ziemlich verschiedene Sekundärstrahlengruppen, je nach der Härte der primären Strahlung¹⁸⁾. Bei weichen Primärstrahlen gab es eine zerstreute und eine noch weichere „Extra“-Strahlung; bei harten Primärstrahlen gab es außerdem aber auch noch eine harte Eigenstrahlung. SADLER und MESHAM ließen die homogene Eigenstrahlung von Metallen auf Kohle fallen und untersuchten die so erhaltene Tertiärstrahlung¹⁹⁾. Diese zeigte sich weicher als die erregende Strahlung; je härter letztere, um so größer war die Intensität und die Änderung der zerstreuten Strahlung. Die Eigenstrahlung fand man merklich nur bei Substanzen mit einem Atomgewicht größer als 30. J. C. CHAPMAN untersuchte speziell noch die Stoffe mit sehr hohem Atomgewicht (Wolfram, Gold, Platin, Blei, Wismut, Thor, Uran) und fand, daß die Absorptionskoeffizienten der Eigenstrahlung für Aluminium auch hier ebenso von den Atomgewichten abhängen wie bei den früher untersuchten Stoffen von mittlerem Atomgewicht²⁰⁾. Der Mechanismus der Strahlung dürfte hiernach bei allen diesen Substanzen derselbe sein. CHAPMAN benutzte die Sekundärstrahlung der Kohle bei der Untersuchung, ob vielleicht magnetisiertes Eisen, Quarz oder Zuckerkörnung imstande sind, die Polarisations Ebenen der Röntgenstrahlen zu drehen²¹⁾. Als Maß der Polarisation sollte dabei das Intensitätsverhältnis der horizontalen zur vertikalen Tertiärstrahlung dienen, wenn Kohle sowohl als tertiärer wie als sekundärer Radiator diene. War dieses Verhältnis = 1, so gab es keine Polarisation, wurde es größer, um so größer mußte die Polarisation des Strahlenbündels sein. Alle drei Substanzen zeigten keine Änderung jenes Verhältnisses, also keine Drehung der Polarisations Ebene. Eisen absorbierte ein polarisiertes Bündel in gleicher Weise, mochte es magnetisiert oder nicht magnetisiert sein. Ebenso war die Absorption durch parallel zur Achse geschnittenes Turmalin unabhängig von der Stellung der Achse zur Polarisations Ebene der Röntgenstrahlen.

Eine objektive Demonstration der sekundären Eigenstrahlung verschie-

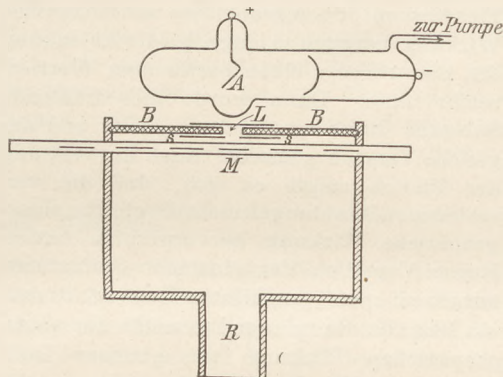
¹⁸⁾ Phil. Mag. **24**, 765 (1912).

¹⁹⁾ Phil. Mag. **24**, 138 (1912).

²⁰⁾ Proc. of the Royal Soc. **86**, 439; Naturw. Rundsch. **27**, 540 (1912).

²¹⁾ Phil. Mag. **25**, 792 (1913).

dener Körper läßt sich nach W. KAUFMANN in folgender Weise anstellen²²⁾. Die Röntgenröhre, deren Glaswand der Antikathode gegenüber möglichst dünn sein muß, sendet die Strahlen durch das mit schwarzem Papier überklebte Loch *L* der Bleiwand *BB* eines Holzkastens, sie treffen dabei auf den Sekundärstrahler *M*. Die von diesem kommenden Sekundärstrahlen treffen dann auf den Leuchtschirm *SS*, der bei *L* eine Öffnung



hat und von Primärstrahlen nicht getroffen werden kann. Zur Beobachtung wird das Auge auf die Pappröhre *R* gedrückt. Die Sekundärstrahler bestehen aus kleinen Blechstücken (von *Al*, *Fe*, *Cu*, *Zu*, *Ag*, *Sn*, *Pt*, *Pb*), die auf einer verschiebbaren Holzleiste befestigt sind. Pumpt man die Röhre, während der Induktor in Gang ist, langsam aus, so beginnen bei etwa 12000 Volt und 3–4 mm Parallelfunkenstrecke die Metalle *Fe*, *Cu*, *Zn*, bei 6 mm Funkenstrecke *Ag* und *Sn*, bei 5–6 mm *Pt* und *Pb*, bei 10 mm *Al* den Schirm aufzuhellen. Ein auf den Schirm geklebtes dünnes Glimmerblatt läßt die Abnahme der Absorption der Strahlung mit wachsendem Atomgewicht der emittierenden Substanz erkennen.

Die von den Metallen ausgesandten Sekundärstrahlen hat OWEN in einigen Gasen, CO_2 , SO_2 , und Luft untersucht und gefunden, daß die Absorption der fünften Potenz des Atomgewichts des emittierenden Metalls proportional sei²³⁾. W. KAUFMANN glaubt aus seinen Beobachtungen schließen zu müssen, daß dieses Gesetz allgemeine Gültigkeit für jeden absorbierenden Körper hat, dessen Atomgewicht außerhalb der Reihe der in Betracht gezogenen emittierenden Substanzen liegt.

²²⁾ Physik. Zeitschr. **14**, 387 (1913).

²³⁾ Proc. Roy. Soc. **88**, 426 (1912).

Die sekundäre Eigenstrahlung der Körper benutzten BARCLA und MARTYN zu einer Untersuchung der Beziehungen zwischen der photographischen Wirkung und der Absorbierbarkeit (bzw. Wellenlänge) der Strahlung²⁴). Ein Bündel der Eigenstrahlung einer Substanz gelangte durch die Öffnung eines Bleischirms auf die in schwarzes Papier gehüllte photographische Platte; ein anderes Bündel derselben Strahlung traf auf ein Elektroskop. Photographische und elektrische Wirkung dauerten so lange, bis die Ablenkung des Elektroskops einen bestimmten Wert erreicht hatte. Dann wurde die strahlende Substanz durch eine andere ersetzt und der gleiche Versuch gemacht. Nach Entwicklung der Platten zeigte es sich, daß die verschiedenen Strahlungen nicht die gleiche photographische Wirkung hervorgerufen hatten. Durch Vergleich der einzelnen Aufnahmen mit einem „photographischen Keil“ erhält man ein Maß für die relative Intensität der photographischen Wirkung bei gleicher Luftionisation. Die Verf. untersuchten so die Eigenstrahlung von *Mn*, *Cu*, *Zn*, *Br*, *Mo*, *Ag*, *Sn*, *Sb*, *J*, *C*. Die relativen photographischen Intensitäten standen etwa im umgekehrten Verhältnis zur Absorbierbarkeit der betreffenden Strahlung. Um ein Maß für die „Wellenlänge“ der verschiedenen Strahlungen zu erhalten, benutzten die Verf. nach Wien die auf der Quantentheorie beruhende Formel $\frac{1}{2} m v^2 = h \cdot n$, wo *m* und *v* Masse und Geschwindigkeit eines Elektrons, *p* das Plancksche Energiequantum $6,55 \cdot 10^{-27}$, *n* die Schwingungszahl bedeuten²⁵). Nimmt man nach Whiddington die Maximalgeschwindigkeit der Elektronen, die von einer Substanz vom Atomgewicht *w* durch Eigenstrahlung ausgeht = $w \cdot 10^8$ cm/sec, so erhält man nach einer Korrektur für *h* die „Wellenlänge“ $\lambda = \text{ca. } 0,38 \cdot 10^{-4} w^2$ cm. Da die lichtempfindliche Schicht eine Bromsilberemulsion ist, so war die Bestimmung von λ für *Br* und *Ag* von besonderem Interesse; es ergab sich $\lambda_{Br} = 0,59 \cdot 10^{-8}$, $\lambda_{Ag} = 0,33 \cdot 10^{-8}$ cm. Die graphische Darstellung der photographischen Wirkung *J* als Funktion der so erhaltenen λ ergab, daß *J* für lange und kurze λ nahezu konstant ist, nur bei λ_{Ag} und bei λ_{Br} stark anwächst. Die Absorptionskurve der Strahlung in Bromsilber hat ganz dieselbe Gestalt. Wahrscheinlich wird man auch die Wirkung der

andern Elemente zeigen können, wenn man deren Salze der Emulsion zufügt.

3. Zur Röntgentechnik. Um die Röntgenstrahlen sichtbar zu machen, brauchte man bisher feste, unter dem Einfluß der Strahlen fluoreszierende Substanzen. Wie ST. LANDAU und H. PIWNIKIEWICZ fanden, zeigt auch Quecksilberdampf eine Lumineszenzwirkung der Strahlen²⁶). Ein Glaskölbchen, das etwas Quecksilber enthielt, wurde evakuiert, erwärmt und den Röntgenstrahlen ausgesetzt; man bemerkte dann ein ziemlich intensives bläulichgrünes Leuchten, das beim Abkühlen des Dampfes aufhörte. Wurde die Röhre mit Quecksilber mit Hilfe eines elektrischen Ofens erhitzt und die Lumineszenz photometrisch gemessen, so zeigte sich deren Intensität mit der Temperatur stark ansteigend. Besondere Versuche ergaben, daß diese Zunahme der Lichtintensität aber nicht auf die Temperatur, sondern auf die Zunahme der Dampfdichte zu schieben ist. Durch beigemischte fremde Gase wurde die Lumineszenz geschwächt; das ausgesandte Spektrum war kontinuierlich.

Die Zeitdauer einer Röntgenaufnahme konnte F. DESSAUER noch weiter verkürzen²⁷). Dazu diente ein Induktorium, dessen Eisenquerschnitt sehr groß war, mit dem sehr starke Einzelinduktionen erzeugt werden konnten. Um die hierzu nötigen, sehr starken Ströme aus gewöhnlichen Netzen ohne Schädigung herausnehmen zu können, mußte die Zeit der Stromentnahme zwangsweise abgekürzt werden. Das geschah durch Einschalten eines feinen Metalldrahts, der sich im Innern eines dichten Körpers, einer „Patrone“, befand. Bei sehr hoher Stromstärke geht ein solcher Draht sofort in den gasförmigen Zustand über; das entstehende Gas kann aber nicht entweichen, und bei dem hohen Drucke erfolgt die Unterbrechung sofort. Nach einer Untersuchung von DÉGUISNE mit dem Siemens-Oszillographen ist hier $\frac{4}{100}$ Sekunden nach der Einschaltung der Primärstrom und mit ihm das Magnetfeld auf das Maximum gestiegen, und in wenig mehr als $\frac{1}{1000}$ Sek. wird der Strom von mehr als 250 Amp. auf Null unterbrochen. Der ganze Vorgang vom Beginn des Stromschlusses bis zum Aufhören des Sekundärstromes und der vollständigen Entmagnetisierung dauert etwa $\frac{6}{100}$ Sekunden. Mit einem solchen Induktorium kann man in einer Sekunde etwa

²⁴) Phil. Mag. **25**, 296 (1913).

²⁵) Vgl. Sommerfeld, Die Naturwissenschaften **1**, 710 (1913).

²⁶) Phys. Zeitschr. **14**, 381 (1913).

²⁷) Phys. Zeitschr. **13**, 1101 (1912).

16 Aufnahmen machen und erhält dadurch deutliche Phasenbilder des Herzens, der Lunge, der Verdauungsbewegungen, des Schluckaktes. Für den raschen Wechsel der photographischen Platten wurde eine besondere Maschine konstruiert, in der die Platten durch eine Pendelbewegung in die richtige Lage gebracht wurden.

Für gewisse Zwecke der Röntgentechnik ist es von großer Bedeutung, sehr harte Röntgenstrahlen zu erzeugen. Das gelang DESSAUER auf folgendem Wege²⁸⁾: Er ließ die aus einem Bleispalt kommenden Strahlen einer Entladungsröhre durch einen staffelförmig aufgebauten Aluminiumkörper auf eine rotierende photographische Platte fallen; die

weiche Strahlung konnte dann nur die dünnen, die harte Strahlung auch die dicken Staffeln durchdringen. Aus der so erhaltenen Aufnahme zeigte sich, daß die Strahlung im Anfang des Aufleuchtens der Röhre sehr hart ist, daß sie aber gegen Ende der Emission immer weicher wird. DESSAUER konstruierte nun eine Maschine, welche die Röntgenröhre beim Betrieb mit hochgespannten Entladungen eines Wechselstromtransformators nur ganz kurze Zeit im Beginn der Induktion einschaltete, so daß sich nur der überwiegend harte Teil der Strahlung ausbilden konnte. Ein derartiger Apparat wird von den Veifa-Werken in Frankfurt a. M. gebaut. *Schl.*

4. Unterricht und Methode.

Fragen des physikalischen Schulunterrichts.

Von PAUL VOLKMANN. Die vorliegende Schrift¹⁾ knüpft an Eindrücke an, die der Verfasser bei der Begutachtung von physikalischen Abiturientenarbeiten der Provinzen Ost- und Westpreußen gewonnen hat. Der Verfasser gesteht aber auf Grund einer im Ferienkursus 1912 veranstalteten Diskussion freimütig zu, daß solche Arbeiten kein zutreffendes Bild des physikalischen Unterrichts geben können, da die Forderungen des Examens dem Unterricht eine Verschiebung erteilen, der den Weg zu bahnen unmöglich die Aufgabe eines gesunden physikalischen Unterrichts sein könne. Um so dankbarer haben wir anzuerkennen, daß der Verfasser sich um die Würdigung und zugleich die Förderung des physikalischen Unterrichts in diesen Vorträgen aufs eingehendste bemüht hat, wenn schon wir nicht in allem mit ihm übereinstimmen. So betont er zwar mit Recht, daß Lehrpläne nur das Äußerliche des Unterrichts betreffen und auch nur äußerlich wirken können. Andererseits macht er der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte mit Unrecht den Vorwurf, daß sich ihre Reformvorschläge in der Richtung einer materiellen Auswahl des Lehrstoffs, also der Aufstellung eines Lehrplans, bewegt hätten; das Wesentliche an den Vorschlägen der Unterrichtskommission, so-

weit sie die Physik betreffen, sind die drei aufgestellten „Grundsätze“ und die daran angeschlossenen Erörterungen, während der Lehrplan nur als ein Beispiel bezeichnet ist, das zu erneuten Erwägungen über die zweckmäßigste Auswahl anregen soll.

Der erste der vier Vorträge enthält einleitende Bemerkungen über Wissenschaft und Unterricht und erörtert die Frage, ob für den Unterricht Systematisierung und Vollständigkeit anzustreben oder eine freie Einführung in ausgewählte Kapitel zu bevorzugen sei. Der Verfasser erklärt sich für die zweite Seite dieser Alternative, und ist dazu wohl durch die Beobachtung veranlaßt worden, daß im Schulunterricht vielfach die Tendenz zur Systematisierung vorherrscht. Insofern die Systematisierung zu einer stärkeren Betonung der Deduktion verleitet, als dem physikalischen Unterricht angemessen sein dürfte, wird der Widerspruch dagegen wohl als berechtigt bezeichnet werden müssen. Indessen ist System und Deduktion nicht gleichbedeutend, wie man schon aus dem Gebrauch des Worts System in der Naturgeschichte ersehen kann; es bedeutet dort eine geordnete Übersicht über die Tatsachen, und in diesem Sinne möchten wir es auch für die Physik nicht entbehren. Damit läßt sich ganz wohl die weitere Forderung des Verfassers vereinigen: „ausgewählte Kapitel aus der Geschichte der Wissenschaft zu bevorzugen; noch mehr als bisher auf reinliche Scheidung des Theoretischen und des Tatsächlichen bedacht zu sein“. Dieser zweite Punkt, auf den auch in dieser Zeitschrift des öfteren hingewiesen worden ist, erscheint besonders beachtenswert angesichts des Wan-

²⁸⁾ Phys. Zeitschr. 14, 246 (1913).

¹⁾ Vier Vorträge, für den vom 7.—12. Oktober 1912 in Königsberg i. Pr. abgehaltenen Oberlehrer-Ferienkursus ausgearbeitet, sowie mit Anmerkungen und Vorwort versehen. 65 S. Leipzig, B. G. Teubner 1913. M 2,00.

dels der Anschauungen, der sich in der Physik beständig vollzieht, und den der Verfasser an drei Beispielen, der Stellung der Mechanik in der Physik, der Rolle der Atomistik und der Rolle des Lichtäthers, eingehender darlegt. Die Gründe, die der Verfasser hier vorbringt, sprechen weniger gegen eine Systematisierung des Stoffs — die ja natürlich immer nur eine dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft angepaßte sein kann — als gegen eine geistige Richtung, die der Verfasser als Intellektualismus bezeichnet und deren Vermeidung er für die wichtigste Aufgabe des gesamten Schulunterrichts erklärt. Für den Begriff wäre wohl eine präzisere Definition erwünscht als die auf S. 14 stehende; die Sache selbst ist in der Tat die große Gefahr jedweden Unterrichts, ihre Blüte wird durch die historische Erscheinung der Scholastik bezeichnet, aber auch die heutige Wissenschaft ist von scholastischen Anwendungen nicht frei.²⁾ Das beste Mittel dagegen wird das „Erleben“ bzw. das „Nacherleben“ der Wissenschaft sein, aber allerdings auch nur dann, wenn das Erlebte nicht mit fertig dargebotenen Begriffen verknüpft, sondern wenn die Begriffe selbst an dem Leitfaden des Wirklichen erarbeitet werden.

Im zweiten Vortrage wendet sich der Verfasser der Kausalität als einer Äußerungsform des Intellektualismus zu, und behauptet von ihr, daß sie in der Physik keine Rolle spiele. Auf diese Streitfrage einzugehen, ist bei dieser Gelegenheit nicht am Platze. Das Schulbeispiel, das der Verfasser einer Abiturientenprüfungsarbeit entnimmt, beweist nichts, da eine fehlerhafte Anwendung des Kausalbegriffs seinen richtigen Gebrauch nicht ausschließt. Auch ist es nicht zutreffend, daß sich die Ablehnung des Kausalbegriffs bereits auf Galilei zurückführen lasse; der Referent wird an einer andern Stelle³⁾ nachweisen, daß dieser Begriff in dem Denken Galileis eine nicht unerhebliche Rolle spielt. Wie es bei Newton damit steht, mag noch dahingestellt bleiben. Doch sei daran erinnert, daß eine der *regulae philosophandi* bei Newton lautet: man solle nicht mehr Ursachen annehmen, als zur Erklärung der Erscheinungen hinreichend seien. — Des weiteren behandelt der Verfasser die Form des

Intellektualismus, die er als Mathematisierung der Physik bezeichnet. (Gegen diese Gefahr wendet sich auch der zuweilen mißdeutete Grundsatz I der Unterrichtskommission.) Was mit diesem Worte gemeint ist, wird durch Abiturientenaufgaben aus der geometrischen Optik erläutert. Wir stimmen durchaus dem zusammenfassenden Urteil zu: „Gerade wo der Unterrichtsbetrieb der Schule leicht zu einer Überschätzung der deduktiven Erkenntniswege führt, und die Stärke der Mathematik in der Deduktion liegt, möchte der physikalische Schulunterricht ein willkommeneres Mittel bieten: als heilsames Gegengewicht auf die induktiven Wege der Erkenntnis hinzuweisen, welche in den Naturwissenschaften eine so große Rolle spielen.“

Im dritten Vortrag behandelt der Verfasser: „numerisches Zahlenrechnen-, Logarithmentafeln, abgekürzte Dezimalbrüche“. Er bezeichnet die Physik als gerade die Disziplin unter allen Wissenschaften, „welche besonders befähigt ist, dem Zahlenrechnen in der Schule die pädagogisch höchst wertvolle hier einzunehmende Stellung anzuweisen“. Er betont, daß sich gerade im Anschluß an die Physik dem Zahlenrechnen eine Fülle von bedeutsamen Gesichtspunkten abgewinnen lasse; wichtig sei namentlich die Unterscheidung der wünschenswerten und der möglichen Genauigkeit (H. Hertz). Die Kleinheit einer Bogenminute und gar einer Bogensekunde sei den Schülern so gut wie nie geläufig, sie sei durch Demonstration an einem Instrument mit Kreisteilung oder an der Poggendorffschen Spiegelablesung zu erläutern. In betreff der Logarithmentafeln spricht sich der Verfasser für den Gebrauch vierstelliger Tafeln aus, worum sich besonders A. SCHÜLKE Verdienste erworben hat. Auf dem Gebiete des abgekürzten Rechnens sei die Ausführung einer zahlenmäßigen Aufgabe in zwei Teilen zu vollziehen, erstlich in der Feststellung der Größenordnung durch sogenannte Überschlagsrechnung, dann durch Feststellung und Errechnung der Ziffern, die in jedem Fall der Natur der Aufgabe und dem jeweilig vorliegenden Zweck entsprechen muß, niemals aber sozusagen in den Wolken schweben darf.

An die Spitze des vierten Vortrages stellt der Verfasser die These: Der physikalische Unterricht muß in beständigem Kontakt mit der ursprünglichen spezifischen Quelle der physikalischen Erkenntnis erhalten bleiben, mit der Beobachtung und dem Experiment. Dieser Kontakt darf nicht durch schul-

²⁾ Im meiner Schrift über die Zentrifugalkraft habe ich auf einen Fall dieser Art hingewiesen.

³⁾ Archiv f. d. Geschichte d. Naturw. u. d. Technik, November 1913.

mäßige Überlieferungen, intellektualistische Auseinandersetzungen und mathematische Fiktionen ersetzt werden. Der Unterricht darf sich auch nicht etwa auf die Fertigkeit zuspitzen, physikalische Aufgaben zu lösen, seine Hauptbetätigung muß in der schlichten Darstellung des Tatsächlichen liegen. [Daß der Verfasser auch hier wieder die Auseinandersetzung vermeintlicher Ursachen und Gründe ablehnt, hat nur formale Bedeutung; die „realen Notwendigkeitsbeziehungen“, die mit Kausalbeziehungen identisch sind, kann auch diese Auffassung nicht entbehren.] Als Beispiel für eine Behandlung des physikalischen Stoffes in seinem Sinne führt der Verfasser die Meteorologie an, wo freilich das Sehen und Beobachten gegenüber dem Erklären stark vorwiegt. Die Schwierigkeit liegt hier darin, daß Erscheinungen wie Regenbogen, Höfe um den Mond, Nebensonnen, so gut wie nie von den Schülern gemeinsam beobachtet werden können, und selbst Wolkenbildungen und Wetterlagen nur bei besonders günstigen Gelegenheiten sich zum Gegenstand des Unterrichts machen lassen — eher vielleicht noch in kleineren Städten als in der Großstadt. Geht man über die bloße Beobachtung hinaus, und will man bis zu Erklärungen gelangen, so gestaltet sich der Unterricht schwieriger, als der Verfasser sich wohl vorstellt. Auch geschichtliche Betrachtungen hält der Verfasser für wohlgeeignet, das Interesse am schlicht Tatsächlichen zu beleben; er weist auf die Galileische Fallrinne und auf die Beugungserscheinungen hin, während er andererseits die Ergebnisse der neueren und neuesten Forschung im Unterricht nur in bescheidenstem Maße verwendet wissen will. Ebenso möchte er auch die technischen Anwendungen im Unterricht nicht allzu stark unterstrichen sehen. — Auch die physikalischen Schülerübungen dienen dem unmittelbaren Erleben physikalischer Tatsachen. Der Verfasser will dem, was man die zerstreute Arbeitsweise nennt, den Vorzug geben, also wie im Hochschulpraktikum jeden Schüler (bzw. jede Gruppe) mit einer eigenen Aufgabe beschäftigen. Den „Frontübungen“ sagt er nach, daß sie aller belebenden Elemente entbehren, die er im Unterricht nicht missen möchte, und daß sie eine neue Form der Scholastik schaffen; er zieht vor, unter solchen Umständen die Schülerübungen lieber ganz fallen zu lassen und sich auf den Standpunkt zu stellen, daß das jugendliche Alter für die Mehrzahl der Schüler den erfolgreichen Betrieb eines

Schulpraktikums ausschließe, so daß es sich empfehle, nur mit einer beschränkten Zahl von Schülern physikalisch-praktische Übungen anzustellen. Der Verfasser stellt sich damit in scharfen Gegensatz gegen das heut immer allgemeiner werdende Bestreben, die Übungen zu allgemein verbindlichen zu machen, was freilich im Schulbetrieb nur in der Form von „Frontübungen“ möglich ist. Er scheint indessen hier Anschauungen, die dem Hochschulpraktikum entnommen sind, unzulässigerweise auf das Schulpraktikum zu übertragen. Daß auch die Frontübungen, wenn erst die Kinderkrankheiten überwunden sind, ein Quell reicher Anregung und Belebung werden können, und daß gerade die gemeinsame Bearbeitung derselben Aufgabe ihre eigenen Reize und Vorzüge hat, dürfte nach den bisherigen Erfahrungen zweifellos sein. Auch der Vortrag von W. End (vgl. den folgenden Bericht) liefert ein vollgültiges Zeugnis hierfür. Daß daneben auch auf der obersten Stufe besonders befähigten und dazu geeigneten Schülern Einzelaufgaben im Sinne des Verfassers und in besonderen Übungsstunden zugewiesen werden, ist hierdurch nicht ausgeschlossen; ebenso wird am Gymnasium, wo der Regel nach nur wahlfreie Übungen bestehen, das Verfahren der Einzelübungen oder ein gemischtes System mit Vorteil Anwendung finden. P.

Der physikalisch-chemische Unterricht an den bayrischen Realanstalten¹⁾. Einem hierüber von Oberregierungsrat Dr. W. END in München gehaltenen Vortrage entnehmen wir folgende Ausführungen: Die im Jahre 1909 vom kgl. bayrischen Ministerium herausgegebenen Anleitungen für den Unterricht in Physik und Chemie²⁾ enthielten auch Anweisungen für die Einrichtung und Durchführung praktischer Schülerübungen. Aus den Berichten, die der Schulbehörde von den Fachlehrern über die Erfahrungen der letzten drei Jahre erstattet worden sind, geht hervor, daß die Übungen an sämtlichen Real- und

¹⁾ Vortrag auf der Pfingstversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, abgedruckt in den Unterrichtsblätter 1913, Nr. 5, ferner in den Monatsheften für den naturwissenschaftlichen Unterricht 1913, Heft 6/7. Man vgl. auch H. Hahn, Der Physikunterricht an den bayrischen Oberrealschulen und die weitere Ausgestaltung der Schülerübungen, diese Zeitschr. 21, 73, 1908.

²⁾ Diese Zeitschr. 20, 331; 1907.

Oberrealschulen eingeführt sind, wenn sie auch noch teilweise unter ungünstigen räumlichen Verhältnissen stattfinden. Daß die Übungen das Verständnis und die Freude an naturwissenschaftlichem Denken und Arbeiten fördern, wird vielfach bestätigt; es ist ein frischer Zug in den Unterricht gekommen, wie immer, wenn die Schüler aus der bloß passiven Rolle des Zuhörers zu der des Mitarbeiters herangezogen werden. Zur Steigerung des Interesses trägt auch der Wettstreit bei, den das Erarbeiten des gleichen Ergebnisses bei den verschiedenen Schülern hervorbringt, während andererseits das Gefühl, bei der Arbeit auf die Hilfe und die Redlichkeit von Genossen angewiesen zu sein, das Gemeinschaftsgefühl zwischen den Mitgliedern einer Arbeitsgruppe wesentlich stärkt. Auch die Erziehung zur Ordnung und Reinlichkeit wird namentlich von den Leitern der chemischen Übungen öfter betont.

In betreff des Unterrichtserfolges wird von einzelnen Lehrern versichert, daß das gedächtnismäßige Wissen der Schüler zurückgegangen sei; den Grund dafür erblickt man teils darin, daß die Zeit für Repetitionen durch die Übungen jetzt zu sehr beschränkt sei, teils auch in dem Umstande, daß die Schüler jetzt mehr zur Beobachtung erzogen werden. Um gleichwohl einen gewissen Grundstock von Kenntnissen zu erzielen, ist vor allem nötig, daß Übung und Unterricht aufs engste miteinander verbunden werden; dies ist am einfachsten und natürlichsten zu erreichen, wenn die Übungen als Frontübungen die Grundlage des Unterrichts bilden und immer dann abgehalten werden, wenn es der Zweck erfordert. Der Lehrer faßt nach beendigter Übung die Ergebnisse zusammen und schließt seinen Unterricht daran an, oder aber die Versuche werden zur Bestätigung der im Unterricht gezogenen Schlußfolgerungen verwandt. Experimente werden vom Lehrer nur dann gemacht, wenn sie in den Übungen nicht angestellt werden konnten. Diese Art des Unterrichts erfordert auch nur einen Unterrichtsraum, läßt sich jedoch nur in kleinen Schulen mit verhältnismäßig kleinen Klassen benützen.

Für größere Anstalten mit starken Klassen hat sich auch hier wieder gezeigt, daß eine gedeihliche Durchführung der Übungen namentlich in der Physik nur durch Teilung der Schüler für die Übungen möglich ist, so daß jede Abteilung höchstens 20 Schüler umfaßt. Da in der Regel nur ein Übungszimmer und ein Lehrzimmer vorhanden ist, so müssen die

Übungen für die beiden Abteilungen auf verschiedene Zeiten gelegt werden, und können daher auch nicht immer mit dem Unterricht Hand in Hand gehen. Dies trifft namentlich bei den Anfangsklassen zu, wo die Schüler noch viel Zeit zur Durchführung der Versuche brauchen. Es ist daher der Gedanke nahegelegt, statt des Lehrsaals lieber noch ein zweites Übungszimmer einzurichten. Noch haftet die Schule an dem alten und nicht mehr zeitgemäßen Glauben, daß Arbeitsplatz und Schulbank, Unterrichtszimmer und Laboratorium getrennte Dinge sein müßten. Richtet man an jeder Schule zwei Übungsräume ein, so ergibt sich eine viel größere Beweglichkeit und die Möglichkeit, die geeignetste Lehrmethode durchzuführen.

Auch bei Aufstellung des Stundenplans muß der Grundsatz der größtmöglichen Beweglichkeit eingehalten werden. Die Anfangsklassen der Unter- wie der Oberstufe verlangen ein reichliches Maß von Übungsstunden, also etwa $\frac{2}{3}$ der zur Verfügung stehenden Zeit für die Übungen, $\frac{1}{3}$ für den Unterricht; in den anderen Klassen können die Übungen etwas zurücktreten. Wo 2 Stunden auf Übungen verwandt werden, liegt es nahe, Doppelstunden dafür anzusetzen, doch zieht man in einer ziemlich großen Anzahl von Fällen Einzelstunden vor, in denen die Übungen dann allerdings sparsamster Ausnutzung der Zeit und sorgfältigster Vorbereitung bedürfen. Manche Anstalten legen die Übungen in Physik und Chemie hintereinander, so daß die Abteilungen in jedem dieser Fächer miteinander abwechseln können. Doch hat auch dieses Verfahren den Nachteil, daß es den beteiligten Lehrern schwer möglich ist, statt der Übungsstunde eine Unterrichtsstunde anzusetzen, oder umgekehrt, wenn es der Gang des Unterrichts wünschenswert macht. Wie aber auch der Stundenplan eingerichtet wird, oberster Grundsatz sollte sein, möglichst freie Beweglichkeit zwischen Übung und Unterricht herzustellen.

In der Chemie gestaltet sich die Verteilung der Stunden einfacher, da hier auch größere Teilnehmerzahlen zulässig sind und nicht zu starke Klassen ungeteilt bleiben können. Auch in der Physik hat man versucht, bei Übungen, die keine genauen Messungen, aber längere Beobachtungsreihen an einfachen Apparaten erfordern, größere Klassen ungeteilt zu lassen und die Übungen im Lehrzimmer selbst vorzunehmen.

Obwohl durch das neue Verfahren der Lehrstoff stark beschränkt wird, soll im Schüler

doch ein Bild des ganzen Gebiets entstehen, so daß nicht größere Gebiete in kleinere zusammenhanglose Stücke gerissen werden. Es ist daher am Schlusse eines Abschnitts und gegen Ende des Schuljahres eine Zusammenfassung unter möglichst einheitlichem Gesichtspunkt und eine weise Beschränkung in der Zahl der Übungen notwendig.

Was die Ausführung der Übungen selbst betrifft, so werden sie, wie schon erwähnt, durchweg als Frontübungen ausgeführt; nur für die oberste Klasse werden auch Einzelübungen an feineren Apparaten befürwortet. In der Physik üben die Schüler paarweise zusammen. Die Bildung von Gruppen, die mehr als 2 Schüler umfassen, hat sich als untunlich erwiesen. Das Zusammenschließen der Schüler zu einer Gruppe wird ihrer freien Wahl überlassen. In der Chemie erscheint es vorteilhafter, die Schüler einzeln zu beschäftigen.

Der Verlauf der Übung ist etwa folgender: Der Lehrer stellt die Aufgabe, die aus dem Unterricht selbst hervorgehen muß, und bespricht, wenn nötig, den Arbeitsplan. Während der Übung läßt der Lehrer die Schüler möglichst selbständig arbeiten und greift nur dann ein, wenn Ungeschicklichkeit den Erfolg der Arbeit gefährdet. Eine Besprechung der Schüler einer Gruppe unter sich ist selbstverständlich zu gestatten, aber auch mit Schülern anderer Gruppen kann eine Verständigung erlaubt werden. Die Ergebnisse werden zunächst — meist tabellarisch — in ein Heftchen notiert; diese Aufschreibung dient als Grundlage der unerläßlichen Besprechung, auf Grund deren schließlich eine kurze, schriftliche Ausarbeitung erfolgt.

Diese Ausarbeitung, die zu Hause zu geschehen hat, wird als einer der wichtigsten Punkte der ganzen Übung von sämtlichen Lehrern verlangt. Sie soll unter Vermeidung alles Nebensächlichen einen kurzen, klaren Bericht über die Übung, Skizzen der benützten Übungsgeräte und die notwendigen Tabellen (wenn möglich, auch graphische) enthalten. Die Anfertigung dieser Berichte bereitet erfahrungsgemäß am Anfang den Schülern große Schwierigkeiten, namentlich die Unterscheidung des Haupt- und Nebensächlichen, ist aber zugleich eine ausgezeichnete Schulung für eine kurze, knappe und klare Ausdrucksweise. Gewarnt muß davor werden, mehr als die Skizzen der Geräte zu verlangen, die Schüler verwenden sonst auf die Ausführung der Zeichnungen (auch des Nebensächlichen) eine unverhältnismäßig hohe Zeit. Dagegen

kann die sorgfältige Zeichnung von Übungs- und Demonstrationsapparaten Gegenstand des technischen Zeichnens sein.

Ein gut geführtes und vom Lehrer durchgesehenes Übungsheft bildet für den Schüler eine vorzügliche Ergänzung, aber noch keinen Ersatz für ein Lehrbuch. Dieses ist auch beim neuen Betrieb nicht zu entbehren. Allerdings darf es kein Buch sein, das gleichzeitig ausführliche Anleitungen für die Übungen enthält, sondern ein einfach gehaltener Leitfaden, der die im Unterricht gefundenen Tatsachen in klarer und bestimmter Sprache zusammenfaßt, und daneben auch Aufgaben, namentlich für die rechnerische Behandlung einzelner Gebiete, enthalten kann. Ein solches Lehrbuch gibt dem Schüler nicht bloß einen Überblick über das behandelte Gebiet und ermöglicht ihm so auch die Wiederholung des durchgenommenen Stoffes, sondern soll ihm gleichzeitig als Muster guten, naturwissenschaftlichen Ausdrucks dienen, dessen ein Anfänger nicht entraten kann.

Nun werden aber bei aller Sorfalt, die der Lehrer dem Ausbau der Unterrichtsmethode zuwendet, die Resultate ungünstig sein, wenn sich dieser nicht auch ein entsprechendes Prüfungsverfahren beigesellt. Einige Berichte betonen ausdrücklich, daß sich bessere Prüfungsergebnisse erzielen lassen, wenn der Schüler vor einen Apparat gestellt wird. Es ist ja klar, daß Schüler, die sich einen Lehrstoff gewissermaßen aktiv, also mehr durch Beobachten, angeeignet haben, anders geprüft werden müssen als solche, die sich den Lehrstoff mehr passiv durch den Vortrag des Lehrers und das Studium des Lehrbuches erworben haben. Von Schülern, die zur Beobachtung erzogen wurden, ist eine entsprechende Antwort vor allem dadurch zu erhalten, daß ihnen die Fragen im Anschluß an einen sinnlich wahrnehmbaren Gegenstand oder Vorgang gestellt werden. Demnach ist es nicht angängig, den Schülern, die einen großen Teil der dem naturwissenschaftlichen Unterricht gewidmeten Zeit mit Beobachtungen und Verarbeitung der Beobachtungen verbracht haben, bei den Schulaufgaben und bei der Reifeprüfung in der Physik lediglich Aufgaben rein mathematischen Charakters, in der Chemie dagegen Aufgaben zu stellen, die eine rein gedächtnismäßige Aneignung des Lehrstoffs voraussetzen. Die schriftlichen Aufgaben haben dem geänderten Unterricht vielmehr dadurch Rechnung zu tragen, daß sie dem Schüler auch Gelegenheit geben, an

das in den Schülerübungen Beobachtete und Erarbeitete anzuknüpfen. Die mündliche Prüfung aber soll soweit als möglich vor Apparaten erfolgen. Ferner müssen sich die Lehrer bemühen, die Schüler auch während der Übungen kennen zu lernen, damit sie die dabei gezeigte Anstelligkeit und Geschicklichkeit und besonders die scharfe Beobachtungsgabe sowie eine klare Darstellungsweise bei der Zusammenstellung der Noten ausreichend berücksichtigen können. Die Note in einem naturwissenschaftlichen Fach soll nicht bloß durch das Wissen des Schülers, sondern auch durch seine Eignung zu naturwissenschaftlichen Arbeiten bedingt sein. Dann werden auch die Klagen der Lehrer darüber verstummen, daß manche Schüler schlechte Noten aufweisen, die gute Beobachter sind und sich sehr regsam bei den Übungen zeigen.

Die verwendeten Apparate sind durchweg einfach und an den Anstalten von ziemlich

gleichmäßiger Art [entsprechend den von Prof. K. Fischer gegebenen Direktiven], doch werden häufig zweckmäßige Änderungen an den Apparaten vorgenommen, oder auch unter Mitwirkung von Schülern anderweitige Apparate hergestellt. Aus solchem Zusammenarbeiten von Lehrern und Schülern hat sich ein höchst wertvolles Vertrauensverhältnis herausgebildet, das manche sogar als eine der segensreichsten Folgen der ganzen Übungen betrachten. Auch sind an manchen Anstalten Handfertigkeitkurse eingerichtet, die aber nur von wenigen Schülern besucht werden.

„Obwohl die Lehrer durch die Schülerübungen wesentlich stärker belastet werden als früher, so beweist doch ihre freudige Mitarbeit, daß die Umgestaltung der naturwissenschaftlichen Unterrichtsmethode nicht einer vorübergehenden Modelaune, sondern einem tieferen Bedürfnis unserer Zeit entspringt“.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Fortschritte und Probleme der chemischen Industrie. Vortrag, gehalten in der allgemeinen Sitzung des VIII. Internationalen Kongresses für angewandte Chemie in New York von C. DUISBERG. Die wichtigste Frage für jede Industrie, die Kraft erzeugung, wird jetzt von der vervollkommenen Wasserbaukunst und der Entwicklung der Turbinen beherrscht. Der Fortschritt der letzteren gegenüber der Kolbenmaschine Watts wird jedoch schon wieder übertroffen von Benzin-, Petroleum- oder Öl-Motoren und vor allem den Großgasmaschinen, die durch Hochofengas oder auch Torfgas getrieben werden. Aus luftgetrocknetem Torf mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 45...70% werden pro 1000 kg Trockengehalt 2500...2600 cbm Gas, von 1100...1300 Wärmeeinheiten erhalten; diese liefern eine nutzbare Kraftausbeute von 1000 PS.-Stunden = 700 Kilowattstunden, ferner eine Salzausbeute von 35 kg Ammoniumsulfat (bei einem Stickstoffgehalt des Torfmoors von 1%). Es handelt sich hier um eine wichtige Nebenproduktgewinnung nach dem Verfahren von Franz Caro. Ein umfangreicher Betrieb befindet sich in dem Schweger Moor bei Osnabrück. — Auch die Kälteerzeugung spielt in der chemischen Industrie eine immer größere Rolle. Statt der Ammoniakmaschine mit ihrer Temperatur von -20° stehen uns heute Schwefligsäuremaschinen und besonders Kohlensäurever-

gaser zur Verfügung, die auf -40° arbeiten. Auch die Anlagen zur Luftverflüssigung verbreiten sich immer mehr. Die Badische Anilin- und Sodafabrik ist im Begriff, auf diese Weise aus dem Wassergas den Wasserstoff zu gewinnen unter gleichzeitiger Verwertung des Kohlenoxyds für Kraftzwecke, um dann mit dem durch Luftverflüssigung und Rektifikation gewonnenen Stickstoff das Habersche Verfahren der Ammoniaksynthese im großen durchzuführen. — Auch bezüglich der Größe und des Materials der Apparate sind bemerkenswerte Fortschritte gemacht. Allgemein haben sich nach dem Vorbilde der berühmten Solvay Sodafabrikation die Apparaturen in der chemischen Industrie enorm vergrößert. Nordamerika baut Hochöfen von 500 t Tagesproduktion und benutzt als Transportmittel riesige 50-t-Wagen. Auch in der organisch-chemischen Industrie haben sich die eisernen Gefäße, in denen man chloriert, sulfiert, nitriert, reduziert und oxydiert, von den kleinen Kesseln der früheren Jahre zu gewaltigen Größen entwickelt. Ein weiterer Fortschritt besteht darin, daß diskontinuierliche Betriebe immer mehr durch ununterbrochen arbeitende Verfahren ersetzt werden. Quarzgefäße stehen jetzt fast in denselben Größen wie Tongefäße zur Verfügung.

Die größten Fortschritte sind auf dem Gebiete der Eisenlegierungen, der Edelmetalle, gemacht worden. Hier handelt es sich haupt-

sächlich darum, an die Stelle des Kohlenstoffs andere Elemente zu setzen, die ebenso wie dieser die Festigkeit erhöhen, aber das Entstehen eines kristallinischen, leichter spaltbaren Gefüges hindern. In erster Linie steht hier das Nickel. Schmiedbare Legierungen erhielt man jedoch erst, als es gelang, ganz reines Nickel zu verwenden. In ähnlicher Weise verwendet man die heute rein herstellbaren Elemente Chrom, Silicium und Mangan, allein oder in Verbindung mit Nickel. Aber auch die rein thermische, wahrscheinlich von chemischen Veränderungen begleitete Behandlung hat zu weiteren Fortschritten geführt. Nickelstahl und Chromnickelstahl besitzen ein dem Schweißisen sehr ähnliches amorphes Gefüge, übertreffen aber seine Festigkeit um das 2- bis 3fache. Ausgestellt waren stark deformierte Konstruktionselemente für den Automobilbau, die trotz der hohen Beanspruchung von 90 kg pro qmm keinen Bruch zeigten. Nur kurz erwähnt seien die für den Schiffsbau und die Elektrotechnik wichtigen Legierungen des Stahls mit viel Nickel — 23% und darüber —, die unmagnetisch und widerstandsfähig gegen die Atmosphärien sind, die 30%igen Nickelstahl, die sich durch hohen elektrischen Widerstand auszeichnen und die 45%igen, deren Ausdehnungskoeffizient $\frac{1}{20}$ von dem des gewöhnlichen Stahls beträgt und, was für die Optik wichtig ist, nicht größer als der des Glases ist. Besonders für den Chemiker interessant ist die Entdeckung, daß bei Legierungen des Eisens mit Chrom, Wolfram, Molybdän und Aluminium mittels thermischer Behandlung die Widerstandsfähigkeit gegen Säuren auf das 5fache gesteigert werden kann (ausgestellte Proben von gewalztem Kohlenstoff- und Chromnickelstahl waren 56 Tage mit verd. Schwefelsäure gebeizt worden). An der Spitze stehen hier Legierungen mit hohem Chromgehalt, wie sie von der Firma Friedr. Krupp in Essen nach den Patenten von Borchers und Monnartz hergestellt werden. Enthalten sie 60% Chrom, 35% Eisen und 2—3% Molybdän, so sind sie in verdünnten Säuren, auch bei Zusatz von Alkalichlorid, unlöslich, ja sie widerstehen sogar siedendem Königswasser. Die neuesten Fortschritte beziehen sich auf die Verwendung des Vanadiums, das aber leider noch sehr teuer ist. Es ist ein Problem der Chemie, dieses Metall billiger herzustellen; Legierungen von Eisen mit Chrom, Wolfram und Vanadium zeigen noch bei Temperaturen von 500° große Festigkeit; sie werden vom

Ingenieur (beim Dampfturbinenbau) und vom Chemiker benötigt. Ganz neu und wertvoll ist eine der Firma Friedr. Krupp patentierte Stahllegierung, die nicht nur undurchbohrbar und unzertrümmerbar, sondern auch für autogene Schneidbrenner undurchbohrbar ist (Proben von gewöhnlichem Stahl zeigten bei Knallgasgebläsewirkung nach 6 Minuten tiefe Löcher, der neue Tresor-Stahl nach $1\frac{1}{2}$ Stunden keine wesentliche Einwirkung). Auch der sehr harte und spröde, von Rob. Hadfield zuerst dargestellte Mangan- oder Hartstahl und der säurefeste Siliciumstahl sind für verschiedene Zwecke von Bedeutung. Noch wichtiger ist die ganz kohlenstoffarme Siliciumlegierung mit etwa 4% Silicium; sie wird in Form von 0,35 mm dicken Blechen in großen Massen — Deutschland allein braucht jährlich davon 8000 t — beim Bau von Dynamos, Wechselstrommotoren und Transformatoren verwendet; dieses Material hat nur einen halb so großen Wattverlust wie gewöhnliches Eisen, bei einem vier- bis fünfmal so hohen elektrischen Widerstand, wodurch die schädlichen Wirbelströme auf ein Minimum herabgedrückt werden. — Durch den im elektrischen Schmelzofen erzeugten Elektro Stahl ist die vom chemischen Gesichtspunkt aus wichtige, lange vergeblich gesuchte Lösung des Entschwefelungsproblems gelungen. Dem Siliciumstahl noch überlegen ist das von Franz Fischer in Charlottenburg hergestellte Elektrolyteisen, ein Idealmetall für Elektromagnete, das von den Langbein-Pfannhäuser Werken in Leipzig fabrikmäßig erzeugt wird. Die Härte dieses jetzt wasserstofffrei herstellbaren Elektrolyteisens ist geringer als die von Gold und Silber, etwa gleich der des Aluminiums. Es besitzt die wertvolle Eigenschaft, schneller als anderes Eisen magnetisch zu werden, und ebenso, schneller den Magnetismus wieder zu verlieren.

Der Siegeslauf der Schwefelsäurefabrikation nach dem Kontaktverfahren in Nordamerika hat in Deutschland kaum seinesgleichen. Noch immer ist neben dem spärlich arbeitenden Eisenoxyd das teure Platin unser Hauptkontaktmaterial. Hier einen billigen Ersatz zu suchen, ist eine dankbare Aufgabe. Trotz der bedeutenden Verbesserungen in den letzten 20 Jahren ist doch der alte Bleikammerprozeß, der sich in bezug auf Arbeitsweise und Säurereinheit vervollkommen hat, konkurrenzfähig geblieben. Auch in bezug auf die Ammoniumsulfaterzeugung sind Fortschritte zu verzeichnen. — Auf die vielbesprochenen Verfahren der Nutzbarmachung

des Luftstickstoffes (vgl. auch d. Zeitschr. 24, S. 308) — auf die direkte Oxydation des Stickstoffes im Flammenbogen nach Birke-land-Eyde, Schönherr oder Pauling, auf die Darstellung von Kalkstickstoff und Cyanamiden nach Frank-Caro und auf das Serpekverfahren, aus Aluminiumnitriden Ammoniak zu gewinnen — geht DUISBERG nicht näher ein. Ein bestimmtes Problem der Salpetersäurekonzentration ist durch Pauling gelöst; die glatte Überführung von Kalkstickstoff in Ammoniak und die rationelle Umwandlung des letzteren in Salpetersäure sind ebenfalls gelungen. — Auf dem Gebiet der Sodafabrikation ist der 50 jährige, weltbeherrschende Solvay-Prozeß unbekämpft geblieben; dem Leblanc-Prozeß wird kaum je wieder aufgehoben werden. — Die Chloralkalielektrolyse hat besonders wegen des beschränkten Chlormarktes nicht die erwartete Ausdehnung genommen. Auch der glänzend durchgeführten elektrolytischen Chloratgewinnung setzte der Konsum bald feste Grenzen. — Hinsichtlich der Reduktions- und Oxydationsmittel hat sich das alte Hydrosulfit Schützenbergers, seitdem man es als wasserfreies Natronsalz oder Rongalit in Verbindung mit Formaldehyd haltbar und in Pulverform transportabel gemacht hat, zu einem bedeutenden Handelsartikel entwickelt. — Im Gebiet der seltenen Metalle wird neben den Thoriumsalzen die interessante funkensprühende Legierung Auers, bestehend aus 35 % Eisen und 65 % Cer, für Feuerzeuge in gewissem Umfange hergestellt. In der Metallfadenlampenindustrie ist das bei 2300° schmelzende Tantal von dem erst bei 3100°, am höchsten von allen Metallen, schmelzenden Wolfram überholt worden. Cadmium, Selen und Tellur gewinnt man jetzt in größeren Mengen als Nebenprodukte, letztere bei der Verarbeitung der Tellurgolderze; doch finden sie noch keine größere Verwendung. Die aus Tonerde unter Zusatz von Chromoxyd bzw. Eisenoxyd und Titansäure erzeugten künstlichen Edelsteine, die jetzt auch von den Elektrochemischen Werken in Bitterfeld hergestellt werden, finden als Schmucksteine und Lagersteine für Uhren und Meßinstrumente immer mehr Verwendung.

In der organisch-chemischen Technik hat die Teerfarbenindustrie die bedeutendsten Fortschritte gemacht. In der Teerdestillation wendet man heute Apparate von 60 000–80 000 Liter an, doch ist ein kontinuierlicher Betrieb, wie er sich beim russischen Petroleum durchführen läßt, noch

nicht gelungen. Im Publikum ist man noch vielfach der Ansicht, daß die Farbenchemie in der Echtheitsfrage versage. Dies ist ein vollständiger Irrtum. Man ist heute in der Lage, die schönsten farbigen Wandbekleidungen, sei es aus Papier oder gewebten Stoffen, farbenecht herzustellen; überhaupt kann man heute auf jedem Stoff, sei es Seide, Wolle, Baumwolle oder Papier, jede beliebige Farbensnuance in jeder nur gewünschten Echtheit herstellen. In der Synthese der indigoiden Farbstoffe herrscht seit der Herstellung des künstlichen Indigos [durch N. Witt] ein reges Leben; neben dem König der Farbstoffe, dem Indigo selbst, sind jetzt Brom-, Thio- und Alizarin-Indigos in allen Abstufungen von Blau bis zu Rot, Violett, Grau und Schwarz aufgefunden worden, darunter auch der kostbare Purpur der Alten. Auch in den Alizarinfarben sind große Fortschritte zu verzeichnen, besonders seitdem es René Bohn 1901 gelang, in dem Indanthren einen blauen Baumwollfarbstoff von unvergänglicher Lichtechtheit herzustellen. Weitere Farbstoffe aus der Anthrachinonreihe hat man im Anschluß hieran gefunden; sie werden von der Badischen Anilin- und Sodafabrik unter dem Namen Indanthrenfarbstoffe, von den Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co. als Algolfarbstoffe in den Handel gebracht. — Auf dem Gebiete der pharmazeutischen Chemie wird rüstig weitergearbeitet trotz der Schwierigkeiten, mit denen hier die Forschung zu kämpfen hat. Die glänzende Entwicklung begann mit dem Antipyrin von Ludwig Knorr, dem Phenacetin und Sulfonal. Die letzten Ruhmestaten sind der Aufbau des Adrenalins (als Suprarenin von den Höchster Farbwerken in den Handel gebracht) durch Stolz, des Hydrastinins durch Decker, der Purinbasen durch Emil Fischer und W. Traube. Daß auch der glückliche Zufall hier gelegentlich, wie beim Antifebrin, eine Rolle spielt, zeigte sich bei dem neuesten bewährten Gichtmittel, dem Atophan. Dem Meister chemischer Forschung, Emil Fischer, dem die pharmazeutische Industrie geschätzte Medikamente, wie Veronal und Sajodin, zu danken hat, ist auch die Synthese des Tannins gelungen, die weitere Aussicht auf die Darstellung von Gerbstoffen eröffnet. — Die Chemotherapie, die Bekämpfung der Infektionskrankheiten durch chemische Mittel, ist durch Ehrlich gefördert worden, dem es gelang, chemische Substanzen zu finden, die die Parasiten innerhalb des Körpers töten, ohne den Wirt selbst zu schädigen. Der

Weg dieser neuen Forschung ging über die Aminophenylarsinsäure, das „Atoxyl“, zum Diaminodioxarsenobenzol, dem „Salvarsan“. Es ist sicher, daß wir hier erst am Anfang einer neuen Entwicklung stehen. Die furchtbaren Karzinome sind, nach Emil Fischer, durch Selenverbindungen wenn auch nicht zu heilen, so doch zu beeinflussen. — Im Gebiete der Riechstoffe sind seit der Synthese des Veilchenduftstoffes, des Ionons, noch das Rosen- und Maiglöckchenöl hergestellt worden. — Die bisherige Kunstseide, die Nitrocelluloseseide, wird vielleicht durch die aus dem Cellulosexanthogenat hergestellte Viskoseseide verdrängt werden. — Acetylcellulose oder Cellit ist ein Stoff, der sich zur Herstellung unentflammbarer Films eignet und die bisherigen feuergefährlichen Kinematographenfilms zu ersetzen geeignet ist. Aus dem Cellit wird durch Verarbeiten mit nicht brennbaren Kampferersatzmitteln

auch unentflammbares Celluloid, das Cellon, hergestellt. Das Cellon ist von größerer Plastizität wie Celluloid und wird heute schon in Blöcken von 100 kg Gewicht hergestellt, die sich wie Celluloid sägen, polieren, pressen und biegen lassen. Auch hochviskose Lösungen von Cellon lassen sich zum Bestreichen von Papier, Holz usw., also zur Herstellung von Kunstleder, Isolationsstoffen usw., verwenden. In Frankreich werden heute schon die Aeroplanflächen mit solchem Lack überzogen. — Schließlich verbreitet sich der Verfasser über die Herstellung künstlichen Kautschuks, dessen Synthese aus dem Isopren, d. i. β -Methylbutadien, Fritz Hofmann von den Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., deren Leiter der Vortragende ist, gelang. Reifen aus synthetischem Kautschuk haben sich bereits bewährt; der künstliche Kautschuk wird wahrscheinlich bald im Handel erscheinen. (*Zeitschr. f. angew. Chem.*, 1912.) O.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Das Wissen der Gegenwart in Mathematik und Naturwissenschaft. Von E. Picard. Autoris. deutsche Ausgabe mit erläuternden Anmerkungen von F. und L. Lindemann. (Wissenschaft und Hypothese, XVI). Leipzig, B. G. Teubner, 1913. Geb. M 6,—.

Das Buch behandelt zum großen Teil dieselben Gegenstände wie Poincarés in derselben Sammlung erschienene Schrift „Wissenschaft und Hypothese“. Es will eine zusammenfassende Darstellung von dem Stande der Mathematik und der Naturwissenschaften in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts geben. Auf dem speziellen Gebiet der Physik behandelt der Verfasser nacheinander die klassische Mechanik und ihre Geschichte, die deduktiven Methoden in der Mechanik, die mechanische Erklärung der Naturerscheinungen, die energetische Wissenschaft; dann aus der Physik des Äthers: Optik und Elektrizität, die Kathodenstrahlen und X-Strahlen, die Mechanik der Elektronen. Auch Unterrichtsfragen werden mehrfach berührt; so gibt der Verfasser für die Mechanik der historischen Darstellungsmethode den Vorzug, und hält es auch für zulässig, auf diesem Gebiet gleichzeitig verschiedene leitende Gesichtspunkte nebeneinander beizubehalten. Die Fundamentalsgleichung der Mechanik sieht er nicht als eine bloße Definition an, sondern findet, daß

diese Gleichung zur Erforschung der Bewegung eines Punktes und zum Vorhersagen der Bewegung nur brauchbar ist, wenn man die Kraft noch auf andere Weise kennt als eben durch diese Gleichung. Diese Probe mag den maßvollen, der Erfahrung stets Rechnung tragenden Standpunkt des Verfassers kennzeichnen. Nach der Physik werden auch die Chemie, dann Mineralogie, Geologie, Biologie und Medizin behandelt. Ohne auf philosophische Streitfragen einzugehen, weiß der Verfasser doch überall die allgemeinen Gesichtspunkte und die Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Gebieten hervorzuheben. P.

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1912/1913.

Achtundzwanzigster Jahrgang, unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. J. Plabmann. Mit 15 Abbildungen. Freiburg i. B., Herder, 1913. 466 S. Geb. M 7,50.

Das Jahrbuch bietet auch diesmal eine gute Übersicht über die Fortschritte der Forschung im vergangenen Jahr. Besonders interessant sind die Abschnitte über Astronomie, Zoologie, Gesundheitslehre und Technik. Der Abschnitt über Physik ist einem neuen Mitarbeiter anvertraut worden, die Auswahl ist zweckmäßig, doch tragen die Berichte zurzeit noch zu sehr den Charakter wissen-

schaftlicher Referate, auch hätten einige Abbildungen zugefügt werden sollen. Im übrigen bedarf das vorzüglich geleitete Unternehmen keiner weiteren Empfehlung. *P.*

Deutsche Physiker und Chemiker. Von A. KISTNER. 168 S. Kempten und München, Jos. Kösel, 1908. Geb. M 1,—.

Obwohl dies Büchlein schon vor fünf Jahren erschienen ist, möchten wir doch noch jetzt darauf aufmerksam machen. Es enthält Lebensskizzen von O. von Guericke, Leibniz, Fraunhofer, Mayer, Gauß, Helmholtz, Siemens, Liebig, Bunsen, Krupp. Die Auswahl ist bestimmt durch die Bildnisse und Büsten, die bisher im Ehrensaal des Deutschen Museums in München zur Schau gestellt sind, und von denen phototypische Reproduktionen beigegeben sind. Die Darstellungen sind knapp und populär gehalten, sie eignen sich besonders auch zur Lektüre für Schüler. *P.*

Im Kampf um das Weltsystem (Kopernikus und Galilei). Von A. Kistner, Professor am Großh. Gymnasium zu Wertheim a. M. Mit 3 Abbild. 100 S. (Voigtländers Quellenbücher, Bd. 39.) Leipzig, R. Voigtländer. M 0,80.

Das Buch bietet bei geringem Umfang eine größere Zahl von Bruchstücken aus Originalschriften, beginnend mit dem Altertum und fortschreitend über Kopernikus, Kepler und Galilei bis zu den neueren Untersuchungen von Benzenberg, Bessel, Foucault. Besonders dankenswert sind die Stücke, die das Ringen um die neue Weltansicht veranschaulichen, so der wundervolle Brief Keplers an Galilei vom 13. Oktober 1597, der vielberufene Brief Galileis an Castelli vom Jahre 1613, der Abschnitt aus dem Nuncius sidereus, der die ersten Beobachtungen über die Jupitermonde enthält, u. a. m. Die Auswahl ist geschickt und sachkundig, und zu gelegentlicher Belebung des Unterrichts überaus brauchbar. *P.*

Das Leben. Sein Wesen, sein Ursprung und seine Erhaltung. Von E. A. SCHÄFER, Professor der Physiologie a. d. Universität Edinburgh. Autoris. Übersetzung von Charlotte Fleischmann. 67 S. Berlin, Julius Springer, 1913. M 2,40.

Die Schrift bringt den Wortlaut einer Präsidialrede, die zur Eröffnung der Versammlung der British Association in Dundee 1912 gehalten ist. Sie stellt den Standpunkt der heutigen angloamerikanischen Wissenschaft dar, die von Vitalismus und „Lebenskraft“ (wovon vital force nur eine Über-

setzung ist) nichts wissen will. Die Möglichkeit der Entstehung von organischer Materie aus unorganischer wird aufrechterhalten, das Rätsel der Organisation bleibt ungelöst, obwohl eine anschauliche Darstellung des Entwicklungsganges von niederen zu höheren Gebilden gegeben wird. *P.*

Lehrbuch der Physik. Von O. D. Chwolson. Vierter Band: Die Lehre von der Elektrizität. 2. Hälfte, 1. Abteilung. Unter Mitwirkung von A. A. Dobiasch und A. L. Gerschun. Übersetzt von H. Pflaum (†) und A. B. Foehringer. Mit 114 Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1913. 446 S. M 7,50.

Der Stoff dieses Teils des umfangreichen Werkes ist auf zwei Abschnitte verteilt: Das konstante Magnetfeld und das veränderliche Magnetfeld. In dem ersten ist alles eingeordnet, was sich auf die Messung elektrischer Widerstände, Stromstärken, elektromotorischer Kräfte und Feldstärken bezieht; ein kurzes einleitendes Kapitel behandelt die Einwirkung des Magnetfeldes auf die in ihm befindlichen Körper. In dem zweiten Abschnitt sind zuerst die Induktionserscheinungen dargestellt, dann folgt die Maxwell'sche Theorie, dann die Grundlagen der Elektronentheorie, endlich das Relativitätsprinzip. In bezug auf das letztere ist interessant, daß der Verfasser das in populären Darstellungen viel benutzte Hilfsmittel der Uhren ablehnt und das Wesen der Sache ohne dieses auseinandersetzt. Er betont andererseits, daß wir, wenn wir den Gedanken der absoluten Ruhe und der absoluten gleichförmigen und geradlinigen Bewegung unbedingt verwerfen, auch die Existenz des Äthers aufzugeben genötigt sind. Über dies ganze Gebiet bietet das Buch überaus klare und umfassende Darlegungen, in denen auch der ganz moderne Gedanke der Trägheitsmasse einer jeden Energieform seine Stelle findet. Doch hält der Verfasser dafür, daß erst die Zukunft die Lösung der streitigen Fragen bringen und die wahre physikalische Bedeutung des Relativitätsprinzips klarstellen wird. Wir begrüßen das Erscheinen dieses neuen Teils des großen Werkes, den der Verfasser trotz langer schwerer Erkrankung fertiggestellt hat, mit besonderer Freude und sprechen die Hoffnung aus, daß es ihm vergönnt sein möge, auch die noch fehlende Abteilung dieses letzten Bandes bald zu vollenden. *P.*

Beiträge zur Stereoskopie und zur stereoskopischen Projektion von Dr. Karl Rosenberg. VIII

und 44 Seiten, 20 Textfiguren. Wien und Leipzig, Alfred Hölder, 1912.

In das kleine, sehr klar geschriebene Heftchen hat Verfasser eine Unsumme von Überlegungen, Erfahrungen und Beobachtungen hineingearbeitet, die die Lektüre zu einer überaus anregenden machen. Er behandelt in den ersten Abschnitten die allgemeinen Grundlagen der Stereoskopie und die Naturtreue des Bildes in ihrer Abhängigkeit von Brennweite, Objektivabstand und Abstand der fertigen Bilder voneinander sowie die Vergrößerung, Verkleinerung und Tiefenverzerrung unzureichend behandelte Aufnahmen. Eine besondere Untersuchung ist der Stereo-Nahaufnahme gewidmet und das dabei Erreichbare in klarer Weise zusammengefaßt. Die folgenden Abschnitte erörtern die zweckmäßige Wahl der Kameragröße, der Objektivbrennweiten, des Bildformates, ferner die Anfertigung der Bilder, insbesondere der Diapositive.

Der zweite Teil der Schrift befaßt sich mit der stereoskopischen Projektion. Nach kurzer Beschreibung der älteren Methoden, zumal der Petzoldschen, wird die Herstellung der Anaglyphen mittels der Pinotypie eingehend geschildert. Den Schluß bilden einige Abschnitte, die dazu anleiten, gerade an den Anaglyphen Studien über Naturtreue und Verzerrung, Tiefenerstreckung und pseudoskopische Effekte zu machen.

Die Stereoskopie nimmt noch lange nicht die Stelle ein, die ihr gebührt. Besonders sollte auch die Schule von ihr in ganz anderer Weise Gebrauch machen als bisher. Freilich, solange die Mehrzahl der käuflichen Bilder mangelhaft aufgenommen oder in viel zu großem Abstand aufgeklebt ist, wird man immer wieder Enttäuschungen erleben. Das Rosenbergsche Büchlein wird vor der Anschaffung fehlerhaften Materials schützen und zur Selbsterstellung wirkungsvoller Bilder anregen und ermutigen. Es sei deshalb zur Anschaffung warm empfohlen. *W. Vn.*

Elektrochemisches Praktikum von Dr. Erich Müller, ord. Professor und Direktor des Laboratoriums für Elektrochemie und physikalische Chemie an der Technischen Hochschule zu Dresden. Mit einem Begleitwort von Dr. Fritz Foerster, Geheimem Hofrat, ord. Professor und Direktor des anorganisch-chemischen Laboratoriums an der Technischen Hochschule zu Dresden. Mit 73 Abb. und 29 Schaltungsskizzen. Dresden und Leipzig,

Theodor Steinkopff, 1913. XVI und 224 S. In Leinen geb. M 8,—.

E. Müller ist als Elektrochemiker, der neue Wege gewiesen hat, und als guter Hochschullehrer wohlbekannt; die Fachgenossen wissen, daß er auch ein guter Organisator ist. Alle drei Eigenschaften treten in dem vortrefflichen Buch deutlich hervor.

Müller hat das von Foerster eingerichtete mustergültige elektrochemische Praktikum der Dresdener Hochschule mitgeleitet und an anderen Hochschulen fortgebildet; so ist das Buch der Niederschlag einer langjährigen und vielseitigen Erfahrung, die namentlich in dem ersten Abschnitt „Die Bedürfnisse eines elektrochemischen Laboratoriums“ hervortritt. Dort wird auch der mit kleineren Mitteln rechnende Lehrer gute Anweisungen finden.

Im zweiten Abschnitt „Übungsaufgaben“ vermißt der Referent im ersten Teil: „Einige grundlegende Gesetze“ manche nach seiner Erfahrung sehr lehrreiche Versuche, wie die absolute Bestimmung des Leitvermögens, der Wanderungsgeschwindigkeit des MnO_4^- -Ions, die analytische Verwendung des Leitvermögens bei ganz schwerlöslichen Stoffen. Auch ist die S. 54 für λ_{∞} von Bernsteinsäure angegebene Zahl inkorrekt. Aus den EMK von Konzentrationsketten $Ag/AgNO_3$ — anderes Ag -Salz/ Ag läßt sich leicht noch mehr herausholen, wie z. B. Konstanz des Löslichkeitsproduktes.

Die weiteren Abschnitte: Abscheidungen der Metalle aus ihren Salzlösungen, Herstellung wichtiger anorganischer und organischer Präparate, schmelzflüssige Elektrolyse sind mustergültig. Im letzten Absatz: Elektrothermische Prozesse scheint dem Referenten auch die Berücksichtigung von Widerstandsöfen erwünscht.

Alle Versuche sind praktisch und didaktisch mit möglichst einfachen Mitteln und selbstanzufertigenden Apparaten eingerichtet; die Diskussion ist vorzüglich. Einfache, klare Strichzeichnungen und Schaltskizzen erleichtern das Verständnis.

Das Buch kann allen Chemie- und Physiklehrern für die Lehrstunde, das Praktikum und das Selbststudium auf das allerwärmste empfohlen werden. *W. Roth-Greifswald.*

Einführung in die Spektrochemie. Von G. Urbain, Professor der Chemie an der Sorbonne (Paris). Übersetzt von Dr. Ulfilas Meyer, Wissenschaftl. Hilfsarbeiter an der Physikalisch-

Technischen Reichsanstalt. Mit 67 Figuren und 9 Tafeln. Dresden und Leipzig, Verlag von Theodor Steinkopff, 1913. VIII und 213 S. Geh. M 9,—; geb. M 10,—.

Urbain, bekannt durch seine spektra-chemischen und analytischen Forschungen auf dem Gebiet der seltenen Erden, hat 1911 seine, mehrere Jahre lang gehaltenen Vorlesungen in Buchform herausgegeben. Da das Buch ausdrücklich als „Einführung“ bezeichnet war, wurde Vollständigkeit nicht angestrebt. Der Übersetzer hat, bei sonst wortgetreuer Übersetzung, an dem schwächsten Punkte des Originals, nämlich den Literaturnachweisen, namentlich der deutschen Arbeiten, die fühlbarsten Lücken ausgefüllt und in Anmerkungen auf einige neuere Arbeiten hingewiesen.

Die Übersetzung liest sich gut, nur an einer Stelle, wo bei den Gläsern von dem Lösungsmittel „Silicium“ und dessen Durchlässigkeit für Ultraviolett die Rede ist, stockt der chemische Leser. Auch die „ketonische und enolische Struktur“ entspricht nicht dem deutschen chemischen Sprachgebrauch. Ferner dürfte in einem deutschen Buch die französische Sonderbezeichnung für Beryllium („Glucinium“) nicht benutzt werden. Manche Namen und griechische Termini technici sind in störender Weise verdruckt. Daß die bei uns besonders gepflegte Spektrochemie der organischen Verbindungen, soweit das sichtbare Gebiet in Frage steht, gar nicht, die in Deutschland vernachlässigte Phosphoreszenz besonders eingehend behandelt ist, sei als Besonderheit des Buches hervorgehoben. Sein Endziel, nämlich den Chemikern die Scheu vor der für übergenu und experimentell äußerst schwierig gehaltenen Spektrochemie zu nehmen, dürfte der Verf. bei aufmerksamen Lesern erreichen.

W. Roth, Greifswald.

Ausgewählte Vorträge und Aufsätze von Walther Hempel, Geh. Rat, Dr. phil. ed med. h. c., Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Dresden. Herausgegeben von Dr. E. Graefe, Diplom-Ingenieur. Wien-Berlin-London, Verlag f. Fachliteratur G. m. b. H., 1913. 143 S. 4°. M 6,—.

Den zahlreichen Schülern und Freunden des verdienstvollen, jetzt aus seiner akademischen Tätigkeit geschiedenen Hochschullehrers eine Erinnerungsgabe zu bieten, ist zwar der eigentliche Zweck der vorliegenden Schrift; die reizvolle, mit dem Bildnis des Verfassers geschmückte Sammlung wird aber sicherlich noch viele andere Freunde finden.

Die meisten der hier behandelten neun Themata, z. B. über die Fäulnis, die Trinkwasserversorgung, den Einfluß der chemischen Technik auf Leben und Sitten, allgemeine Gesichtspunkte der chemischen Technik, sind von so allgemeinem Interesse und dazu so anschaulich und anregend abgefaßt, daß das Buch weiteren Kreisen bekannt zu werden verdient. Insbesondere sei den Anstaltsbibliotheken die Anschaffung empfohlen, nicht nur für diejenigen, die chemischen Unterricht erteilen, sondern mehr noch für alle anderen Leser, damit diese an bestimmten Beispielen erkennen, wie tief die Fortschritte der Technik in die gesamte kulturelle Entwicklung eingreifen.

O. Ohmann.

Ausführung qualitativer Analysen. Von W. Biltz. Mit 1 Taf. und 13 Fig. im Text. Leipzig 1913, Akad. Verlagsges. XI u. 139 S. M 6,—; geb. M 6,—.

Das Buch nimmt neben den zahlreich vorhandenen Anleitungen zur Analyse eine entschieden eigenartige Stellung ein. Mit Absicht wurden längere Erklärungen, die Sache des Lehrbuchs sind, z. B. aus der Theorie der elektrolytischen Dissoziation, zumeist ganz weggelassen, und es wird dafür das Spezifische des Analysierens möglichst rein zum Ausdruck gebracht, wobei der Verfasser mehrfach auf das klassische Vorbild Clemens Winklers hinweist. Insbesondere ist auch der Analyse auf trockenem Wege, zumal der Lötrohruntersuchung, die ihr gebührende Ausdehnung gegeben und ist das wichtige Prinzip möglicher Einfachheit allenthalben gewahrt. Dies drückt sich auch in den am Schluß (S. 126) kurz angegebenen sieben „Analytischen Stilwidrigkeiten“ aus, in denen es z. B. heißt: „Es ist stilwidrig: 1 Gramm Substanz und 2 Tage Arbeit aufzuwenden, wenn man mit dem 10. Teil des Stoffes und dem Viertel der Zeit auskommt“; ebenso: „Schwefelwasserstoffgas zu einer unvollständigen langwierigen und lästigen Operation zu benutzen, wenn Schwefelwasserstoffwasser das gleiche in kurzer Zeit vollständig und bequem auszuführen erlaubt“. Das Buch sei allgemeinerer Beachtung empfohlen.

O. Ohmann.

Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. Von Prof. Dr. A. Bernthsen, Hofrat, Dir. d. Bad. Anilin- u. Sodafabrik Ludwigshafen a. Rh., früher Prof. a. d. Univ. zu Heidelberg. 11. Aufl., bearb. in Gemeinschaft mit Prof. Dr. Darapsky a. d. Univ. zu Heidelberg. Braunschweig, Vieweg

& Sohn, 1911. XX u. 668 S. M 12,—; geb. M 13,—.

Die neue Auflage des seit 1887 bereits so oft aufgelegten Buches ist, hauptsächlich unter Beihilfe des Mitherausgebers, im Sinne einer moderneren Gestaltung des Ganzen bearbeitet worden. Auf knappem Raume ist hier ein außerordentlich reichhaltiges Material aus der ins Unübersehbare angewachsenen organischen Chemie in übersichtlicher Gruppierung, mit treffenden kurzgefaßten theoretischen Erörterungen geboten — ohne Versuchsbeschreibungen und Figuren, dafür aber durchsetzt mit zahlreichen Literaturnachweisen und historischen Notizen. Es soll allerdings nicht verschwiegen werden, daß die Knappheit des Buches z. T. auf einer etwas zu reichlichen Verwendung von Kleindruck beruht. Das vorzüglich gearbeitete Register — 35 Seiten in Kleindruck — ist besonders rühmend hervorzuheben. Das Buch sei allgemeinerer Beachtung empfohlen. O.

Lehrbuch der Chemie für höhere Lehrerinnen-Seminare. Von Prof. Dr. F. v. Lengerken in Danzig. 1. Teil Unorganische Chemie mit Einschluß der Mineralogie und Geologie. Mit 151 Abb. 333 S. 2. Teil Organische Chemie. Mit 10 Abb., 99 S.

Der erste Eindruck des Buches geht dahin, daß der Umfang besonders des unorganischen Teils viel zu weit gewählt ist. Wären beide Teile vereinigt, was eigentlich das Gegebene ist, so läge ein Buch von 432 Seiten vor. So erfreulich es ist, daß jetzt im Oberlyzeum ein wenig mehr Chemie als früher getrieben werden kann, so sollte man hier nicht gleich die Ziele zu hoch stecken und das Fach nicht überlasten, da es der Seminaristin an schwierigen und wichtigen Aufgaben, die erfüllt werden müssen, wahrlich nicht fehlt. Das Chemiebuch für höhere Seminare sollte so eingerichtet sein, daß sich die zukünftige, ans Examen gehende Lehrerin wirklich darin zurecht findet, und es auch gern zur Hand nimmt, um sich den Gang mit seinen Hauptergebnissen noch einmal zu vergegenwärtigen. Das ist hier kaum möglich. Bedauernd wert die Seminaristin, die in dieser Verlegenheit den an den Anfang gestellten, wenn auch nur 14 Seiten umfassenden „Allgemeinen Teil“ mit theoretischen Erörterungen über die Atomtheorie, Stöchiometrie, Allotropie, Atomverkettung usw. glaubt memorieren zu müssen. Dieser Teil ist ganz überflüssig, ein Seitenstück zu der berichtigten „Einleitung“ der früheren systematischen

Lehrbücher. Die Gesetze und Theorien müssen an bestimmten Stellen des Lehrganges aus den Versuchen herauswachsen, zusammen mit diesen haften sie auch am besten im Gedächtnis; losgelöst aus dem lebendigen Zusammenhang der begründenden Experimente und Erläuterungen, bilden sie einen toten, kaum aufnehmbaren Memorierstoff. Die Fassungen in diesem „Allgemeinen Teil“ sind auch mehrfach nicht glücklich — z. B. lautet das „Gesetz von den konstanten Proportionen: Eine bestimmte chemische Verbindung enthält stets dieselben Bestandteile in demselben unabänderlichen Gewichtsverhältnis“ (S. 4) — teilweise sogar sehr zu beanstanden, besonders beim Begriff „Molekulargewicht“. Da heißt es geradezu, daß „das Molekül Sauerstoff“ den Raum von 22,3 l einnimmt! (Die überdies ungenaue Zahl — statt der abgekürzten 22,4 — rührt daher, daß beim Sauerstoff der veraltete Wert von 1,4336 g zugrunde gelegt ist.) Indem auch weiterhin Mol und Molekül verwechselt ist, kommt schließlich der Satz heraus: „Ein Molekül eines jeden Gases nimmt den Raum von 22,3 l ein“ (S. 8). — Logisch ungenau ist der Satz, daß die — doch nur auf Grund der Gewichtsgesetze aufgestellten — chemischen Gleichungen „beim Vergleichen beider Seiten“ „eine schöne Bestätigung des Gesetzes von der Erhaltung des Stoffes und des Gewichtes“ ergeben. Die 4 Aufgaben zur Stöchiometrie sind mehrfach mit Fehlern behaftet; in Nr. 3 wird der soeben für 25 g Zink berechnete Wasserstoff (0,76 g) auf 65,4 g Zink bezogen, wodurch die dreifach fehlerhafte Zeile entsteht „65,4 Gewichtsteile [statt g] Zink liefern 0,76 g Wasserstoff = 22,3 l“!

Der eigentliche Lehrgang beginnt ohne weitere Vorbereitung mit dem „Wasserstoff“ (S. 15). Kennzeichnend für die Behandlung ist der Satz, mit dem der Abschnitt „Darstellung“ beginnt: „Man gewinnt den Wasserstoff am einfachsten [!] aus dem Wasser, indem man es ansäuert und den elektrischen Strom hindurchleitet“. An diesen Versuch schließt sich sogleich die Darstellung mittels Natrium usw. An den Abschnitt „Eigenschaften“ schließt sich — viel zu frühzeitig — ein Abschnitt „Basis, Salz, Säure“ (S. 18). Dann folgt der „Sauerstoff“ und die „Verbrennung“. Hier ist die Tabelle zur „Verbrennungswärme zu beanstanden; der Satz „Wasserstoff erzeugt bei seiner vollständigen Verbrennung zu Wasser 34 400 Wärmeinheiten“ ist ohne Mengenangabe unzulässig; soll aber die Gewichtseinheit (1 g)

ergänzt werden, dann ist die Sache wieder irreführend, denn unmittelbar vorher ist als „Wärmeeinheit“ die Kilogramm-Kalorie aufgestellt. Experimentell mehrfach mangelhaft ist die Darstellung von Sauerstoff aus Kaliumchlorat nach Fig. 14, wo z. B. die Wärmequelle — die man jeden Augenblick muß schnell entfernen können — eine am Stativ fest angebrachte Lampe ist. Auf den schematischen Abschnitt „Verbindungen des Sauerstoffs“ folgt — ebenfalls zu frühzeitig — ein Abschnitt „Neutrale, saure, basische und Doppelsalze“. Nach einer zweckentsprechenden Behandlung des Wassers folgt der Stickstoff. Es sind nämlich Wasser, Sauerstoff und Stickstoff zu einem besonderen Kapitel: „Gruppe der drei Hauptgase“ vereinigt. Wir können weder in der Vereinigung dieser Gase noch in der Benennung der Gruppe einen glücklichen methodischen Griff sehen; auch die erste Motivierung (S. 67), „weil ihre Moleküle zweiatomig sind, und weil sie sich überaus schwer zu einer Flüssigkeit verdichten lassen“, ist recht schwach. Die bessere Begründung, weil sie „Wasser und Luft bilden“, ist nicht ausreichend, den Sauerstoff vom Schwefel und den Stickstoff von seinen Verwandten abzutrennen. In der weiteren systematischen Behandlung der „Nichtmetalle“ und der „Metalle“, die meist nach dem Schema „Darstellung“, „Eigenschaften“, „Verbindungen“ erfolgt, vermögen wir bemerkenswerte,

von der herkömmlichen systematischen Behandlungsweise abweichende Gedanken nicht zu erkennen. Wir glauben nicht, daß der Chemieunterricht der Höheren Lehrerinnen-Seminare eine gesunde Entwicklung nimmt, wenn er sich in den Bahnen der älteren systematischen Lehrbücher bewegt.

Der organische Teil ist, besonders hinsichtlich der praktischen Anwendungen gewisser Stoffe und Vorgänge, entschieden besser gelungen. Die Zahl der Abbildungen könnte vermehrt werden; S. 24 steht für das Chloroform die Formel des Chlorals; der Aldehyd und der Formaldehyd sind keine Neutra (S. 23, 24). O.

Physik und Chemie in Aufgaben mit Einleitungen und Lösungen. Für Mittelschulen und zum Selbstunterrichte. Von H. Mohs, Lehrer an der städt. Gewerbeschule in Leipzig. Leipzig, F. Brandstetter (ohne Jahreszahl).

Das Büchlein ist eine nützliche Zusammenstellung einfacher Aufgaben und Erläuterungen, die gewerblichen und technischen Mittelschulen gute Dienste leisten wird. Verbindungsgewicht und Äquivalentgewicht gleichzusetzen, ist nicht statthaft; das hypothetische Verbindungsgewicht ist vielmehr gleich dem hypothetischen Atomgewicht. Das elektrochemische Äquivalent des Wasserstoffs wird besser nicht dem Gewichte, sondern dem Raume nach angegeben. O.

Programm-Abhandlungen.

Erdrotation und Lichtfortpflanzung. Von Otto Figur. Mit 6 in den Text gedruckten Abbildungen. IX. Realschule zu Berlin, Ostern 1913. 28 S. Pr. Nr. 172.

Die Schrift kann angesichts der heutigen Kontroversen über die Relativitätstheorie ein besonderes Interesse für sich in Anspruch nehmen. Der Verfasser weist die eigentümlichen Paradoxien auf, zu denen die herkömmlichen Auffassungen vom wahren und scheinbaren Ort der Gestirne führen; er unterscheidet scharf zwischen kinematischen und mechanischen Bezugssystemen und erörtert von diesem Standpunkt die mechanischen Beweise für die Erdrotation; er schafft durch klare Begriffsbestimmungen eine sichere Unterlage zur Verständigung in den oft verworrenen Diskussionen über das Relativitätsprinzip; und er entwickelt endlich hieraus ein optisches Analogon zu den mechanischen Erdrotationsbeweisen, indem er dartut, daß unter gewissen Voraussetzungen das außer-

irdische Licht relativ zur rotierenden Erde nicht geradlinig läuft, sondern eine Krümmung erfährt, deren Betrag möglicherweise innerhalb der Grenzen des experimentellen Nachweises liegt. Man darf der in Aussicht gestellten ausführlicheren Veröffentlichung über den Gegenstand mit Spannung entgegensehen. P.

Nachrichten über das neue Gebäude für den naturwissenschaftlichen Unterricht und über den Betrieb der naturwissenschaftlichen Schülerübungen. Von R. Potinecke, H. Herbst, R. Nelson, A. Popofsky. 36 S. und 9 Tafeln. Guericke-O.-R. zu Magdeburg. Ostern 1913. Pr. Nr. 380.

Das neue Gebäude ist etwa 200 Schritt von dem Hauptschulgebäude entfernt und enthält im Parterre und 1. Stock die Räume für das von der O.-R. abgetrennte Reform-R.-G., im 2. und 3. Stock die für die O.-R., und zwar ist der 2. Stock der Chemie und Biologie, der 3. der Physik zugewiesen. Die

Physikräume bestehen in 1 Unterrichtszimmer für 36 Schüler, 1 Vorbereitungsraum (9:7,26) mit 4 Arbeitstischen für die Lehrer, 1 Schülerübungsraum (9:7,26) mit 24 Plätzen, 2 Sammlungszimmern (je 9,72:7,26), 1 Dunkelkammer und 1 Werkstatt. Die Räume für Chemie und Biologie zusammen sind ebenfalls groß, nur mit dem Unterschied, daß an Stelle des einen physikalischen Sammlungszimmers ein biologischer Übungsraum gesetzt ist. Die Ausstattung der Räume ist, Dank der Freigebigkeit der Stadtverwaltung und privater Gönner, eine beneidenswert reiche. Die elektrische Anlage besteht in einer Gleichstromdynamo in Verbindung mit einem Drehstrommotor zur Transformation des zur Verfügung stehenden Starkstroms in Gleichstrom; dazu treten 60 Akkumulatoren der Hagener A.-G., die bei 18 Ampere Maximalstromstärke 54 Amperestunden leisten und zu je 15 in Serie geschaltet sind.

Die physikalischen Schülerübungen sind für alle Schüler verbindlich und beginnen schon in O III; die Schüler arbeiten in 2 Abteilungen je 2stündig, und zwar alternierend vierzehntägig, indem die Stunden parallel zu den chemischen Übungen oder zum Linearzeichnen gelegt sind. Es wird auch die bisher getroffene Auswahl der Übungen mitgeteilt, die sich auf eine naturgemäß geringe Zahl beschränkt. Die Erfahrungen bestätigen auch hier den Vorteil der Frontübungen.

Bei den chemischen Schülerübungen wird betont, daß diese möglichst in den Mittelpunkt des Unterrichts gestellt werden sollen. Die Übungen sind bisher in gleicher Front ausgeführt worden, doch soll bei steigender Sicherheit im Arbeiten auch zu geteilten Arbeitsaufgaben übergegangen werden.

Für die biologischen Übungen ist ein sehr ausführlicher Unterrichtsgang mitgeteilt. In betreff der Einzelheiten sei auf die Abhandlung selbst verwiesen. P.

Die Neueinrichtung der Räume für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Von Max Sitte.

14 S. und 3 Tafeln. Städt. Gymn. mit Realsch. zu Greiz. Ostern 1913. Pr. Nr. 1012.

Die neuen Räume sind 1 Unterrichtszimmer für Physik (10,9:5,9) mit 30 Plätzen in 3 Reihen, 1 Vorbereitungsraum mit 2 großen Tischen, 1 Sammlungszimmer für Physik, 1 Werkstatt, 2 kleinere Sammlungszimmer für Chemie und Mineralogie sowie für Biologie, 1 Unterrichtszimmer für Chemie und Biologie (ca. 48 qm), in dem auch Schülerübungen in Chemie und Biologie abgehalten werden sollen. Der elektrische Strom wird dem städtischen Starkstromnetz von 2×110 Volt entnommen; daneben ist eine Akkumulatorenbatterie von 10 Zellen mit besonderem Schaltbrett vorhanden. Über die Benutzung der Schalttafeln werden eingehendere Angaben gemacht. Der Verfasser schließt seine Darstellung mit dem Wunsch nach Einführung von Schülerübungen, die ja an vielen Gymnasien bereits seit längerer Zeit bestehen.

P.

Die Räume für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Von W. Büchel, M. Norden, M. Schmidt. 40 S. und XI Tafeln. Oberrealschule u. Realschule zu Eppendorf, Hamburg. Ostern 1913.

Nach Vollendung eines Erweiterungsbaus sind für die Physik 7 Räume vorhanden, nämlich 2 Lehrzimmer, 1 Raum für Schülerübungen (11:6,80), 2 Sammlungszimmer (zugleich Vorbereitungsraum), 1 Werkstatt, 1 Verwalterzimmer (zugleich Dunkelkammer). Die elektrische Anlage ist an ein Dreileiter-Gleichstromnetz angeschlossen; ferner sind 7 tragbare Akkumulatorenbatterien von je 3 Zellen (von der Varta A.-G. in Oberschöne-weide bei Berlin) vorhanden. Dem chemischen Unterricht dienen 1 Apparatzimmer, 1 Vorbereitungsraum, 1 Lehrzimmer, 1 Übungszimmer (66 qm), 1 Schwefelwasserstoffzimmer, 1 Verwaltungszimmer, 1 Mineralienzimmer. Dem biologischen Unterricht sind 6 Räume zugewiesen. Der Bericht hierüber enthält auch nähere Angaben über die zweckmäßigste Projektionseinrichtung. P.

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

XXII. Hauptversammlung in München, 12. bis 15. Mai 1913.

Die 1. allgemeine Sitzung fand am 13. Mai in der Aula der Technischen Hochschule statt.

U. XXVI.

Staatsrat von STEINER hieß die Versammlung im Namen des Kgl. bayrischen Kultusministeriums willkommen und stellte in Aussicht, daß bei der bevorstehenden Neuordnung des Lehrplans der Gymnasien auch den mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächern ein weiterer Spielraum als bisher zugemessen

38

werden würde. Danach begrüßten Oberstudienrat Dr. KERSCHENSTEINER die Versammlung im Namen der Stadt München, Geh. Hofrat Prof. Dr. GÜNTHER im Namen der Technischen Hochschule, Prof. Dr. WÜHRER im Namen des bayrischen Realschulmännervereins und des bayrischen Gymnasiallehrervereins, Prof. Dr. DÖHLEMANN im Namen des Ortsausschusses. Nach der Erwiderng des Vereinsvorsitzenden Direktor Dr. THAER hielt Prof. Dr. DÖHLEMANN den ersten Vortrag „über den Bildungswert der reinen Mathematik“ (abgedruckt in den Unterrichtsbl. 1913, Heft 4).

Darauf sprach Oberstudienrat G. KERSCHENSTEINER über „den Erziehungswert der Naturwissenschaften und ihre Stellung in der Schulorganisation“. Der Erziehungswert bestehe nicht sowohl in der Aneignung bestimmter Kenntnisse, als in der Ausbildung gewisser Gewohnheiten, die den Charakter kennzeichnen, vor allem der Gewohnheit des strengen logischen Denkens. Daß die alten Sprachen hierzu ein vorzügliches Mittel bieten, erläuterte der Vortragende an einem Pindarspruch, und stellte dem als physikalisches Beispiel die Bearbeitung des folgenden Problems gegenüber: „Ein Schüler wäscht Bechergläser in heißer Seifenlauge; er stürzt die Gläser auf eine Glasplatte und bemerkt, daß am Rande der Gläser Blasen erscheinen, die allmählich unter dem Rande in das Glas hineinkriechen. Wie ist die Erscheinung zu erklären?“ Es wurde nun gezeigt, daß in beiden Fällen der Denkprozeß im wesentlichen derselbe ist; er besteht in folgenden vier Schritten: der Fragestellung, der Aufstellung von Vermutungen, der Prüfung der Vermutungen auf ihre Richtigkeit, und endlich der Verifikation der als wahrscheinlichste erkannten Vermutung. Letzteres geschieht auf sprachlichem Gebiet durch Prüfung des logischen Zusammenhangs, auf naturwissenschaftlichem durch das Experiment. Nach Ansicht des Vortragenden wird dies Verfahren im naturwissenschaftlichen Unterricht noch nicht hinreichend ausgeübt. Namentlich bei den praktischen Übungen sollte darauf gesehen werden, daß der Schüler seinen Weg selbständig finde und die Schwierigkeiten durch eigenes Nachdenken aus dem Wege räume. Daß dies bisher nicht geschehe, glaubte der Vortragende an einem Beispiel aus Hahns Handbuch nachweisen zu können. (Er übersieht dabei aber, daß gerade Hahn ausdrücklich die Vorbereitung der Übungen durch Erörterung des betreffenden Problems

fordert — man vergleiche das Handbuch, 1. Aufl., S. 472 — wovon freilich im Buch nicht bei jeder einzelnen Aufgabe die Rede sein kann, da dieses nur zur Ausführung der Versuche anleiten will; KERSCHENSTEINER beanstandet freilich auch die Ausführlichkeit dieser Anleitungen, ohne zu bedenken, daß auch die Erziehung zum sorgfältigen Arbeiten und Beobachten eine wichtige Seite dieser Übungen ausmacht.) Wegen der weiteren überaus wertvollen Darlegungen des Vortragenden müssen wir auf die noch zu erwartende Veröffentlichung des Vortrages verweisen. —

Die 2. allgemeine Sitzung fand am Nachmittag desselben Tages im großen Hörsaal der Technischen Hochschule statt. Es wurde eine Reihe von Spezialreferaten zu dem von KERSCHENSTEINER behandelten Thema erstattet. Es sprachen Prof. Dr. WALTHER (Halle) über Geologie, Dr. KUPPER (München) über Botanik, Dr. B. SCHMID (Zwickau) über Zoologie, Prof. Dr. GEISTBECK (Kitzingen) über Erdkunde, Prof. K. T. FISCHER (München) über Physik. Aus dem letzten dieser Referate sei folgendes hervorgehoben: Die Hauptbedeutung des Physikunterrichts liegt in der Auffindung von Gesetzmäßigkeiten, die sich aus den Beobachtungen ergeben. Man müsse unterscheiden: 1. Näherungsgesetze, wie das Gesetz von Boyle, 2. Gesetze, die sich als um so richtiger erweisen, je genauer ihre Prüfung vorgenommen wird, wie die Faradayschen Elektrizitätsgesetze, 3. mehr beschreibende Gesetze, die keinen Größenzusammenhang lehren, z. B. daß im ruhenden Felde die elektrische Kraft senkrecht zur geladenen Oberfläche steht. Die Grundform der physikalischen Gesetze ist jedoch die mathematische Größenbeziehung, daher ist es nicht möglich, Physik ohne Mathematik zu treiben oder zu lehren. (Daß der Vortragende auch gegen den Grundsatz I der Meraner Lehrpläne für Physik polemisierte, dürfte auf einem Mißverständnis beruhen; jener Grundsatz wendet sich nur gegen die einseitige Mathematisierung der Physik, wie sie früher wohl allgemein üblich war.) In den Schülerübungen soll der Schüler angeleitet werden, seine Beobachtungen kritisch anzustellen, dafür ist einerseits ausreichende Zeit erforderlich, andererseits aber ist der Stoff angemessen zu begrenzen. Schließlich wies der Vortragende auf die wichtige Rolle der Phantasie hin, deren Anregung im Unterricht nicht außer acht zu lassen sei, und forderte einen intensiven Betrieb der Naturwissenschaften auch an den humanisti-

schen Gymnasien. — In der anschließenden Diskussion nahmen POSKE und GRIMSEHL den verdienstvollen Verfasser des Handbuchs für Schülerübungen, H. Hahn, gegen die Angriffe KERSCHENSTEINERS in Schutz; POSKE rechtfertigte überdies, daß die physikalischen Lehrbücher nicht auf die Problembearbeitung im Sinne Kerschensteiners eingingen, da dies Sache des lebendigen Unterrichts sei; in diesem müßten die Wege zur Lösung eines Problems mit den Schülern gemeinsam aufgesucht werden; sie im Lehrbuch vorschreiben, hieße die Probleme totschiagen. Er machte auch darauf aufmerksam, daß in den gehörten Vorträgen und Referaten die Astronomie nicht gebührend berücksichtigt worden sei und erinnerte an Höflers Bestrebungen, diesen Gegenstand in den gesamten Unterrichtsgang einzugliedern. GRIMSEHL wies darauf hin, daß Denkaufgaben in deutschen Lehrbüchern und in unserer Zeitschrift vielfach zusammengestellt seien; er erklärt sich auch dafür, daß neben der methodischen Erarbeitung von Unterrichtsstoff eine Reihe von Kenntnissen den Schülern einfach mitgeteilt werde, damit das gesamte Wissen in der Physik nicht bruchstückartig bleibe, sondern Zusammenhang und Einheit gewinne. WITTING hob hervor, daß wir Methoden finden müßten, die uns schneller vorwärts bringen. SPEYERER (München) machte interessante Bemerkungen über Goethes Farbenlehre. SCHÄFER (Friedberg) beklagte die Vernachlässigung der mathematischen Geographie im Lehrplan der höheren Schulen. SEITH (Freiburg) warnte vor Überschätzung des Wissens und vor Überfütterung der Schüler mit Kenntnissen; man dürfe nicht von unten auf alle Fächer gleichzeitig nebeneinander treiben. KERSCHENSTEINER erkannte im Schlußwort die Bedeutung der Leistungen Hahns an; er regte auch an, für den Schulgebrauch eine größere Zahl von Denkaufgaben zusammenzustellen (man vgl. dazu den Anhang zur Unterstufe der Naturlehre von Höfler und Poske); angesichts der Vielseitigkeit der Schulforderungen befürwortete er auch bei dieser Gelegenheit, daß man sich dazu entschließen müsse, die Schulen nach der Art der Begabung der Schüler noch mehr als bisher zu differenzieren.

Am 14. Mai fand zuerst eine Geschäfts-sitzung statt, in der die ausscheidenden Vorstandsmitglieder Heß, Poske und Schmid durch Zettelwahl wiedergewählt und Braunschweig zum Ort der nächsten Hauptversammlung bestimmt wurde.

In der 3. allgemeinen Sitzung hielt Prof. S. GÜNTHER einen Vortrag über „Das geschichtliche Element im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht“. Er führte aus, daß in vielen Fällen der enge Anschluß an die geschichtliche Entwicklung auch die beste didaktische Behandlung ergebe. So könne in der Physik die Lehre vom Luftdruck an Galilei, Torricelli und Guericke anknüpfen, in der Chemie am Beispiel der Verbrennungsvorgänge die historische Entwicklung der Kenntnisse zur Grundlage der Betrachtung gemacht werden; in der Astronomie lasse sich die historische Methode am vollkommensten durchführen. „Auf der Unterstufe gehören alle modernen komplizierten Demonstrationsmittel in den Giftschrank.“ Aus der Geschichte der Mathematik wurde eine Reihe von Einzelbeispielen vorgeführt. — Herr Prof. von DYCK sprach über die „Unterrichtsziele des deutschen Museums“, und wies hierbei auf die Schülerstipendien hin, die auch auswärtigen Schülern den Besuch des Museums ermöglichen. Im Jahre 1912 wurde das Museum von nicht weniger als 26 000 Schülern besucht. — Danach hielt Dr. A. SCHMAUSS, Direktor der meteorologischen Zentralstation, einen Vortrag über „neuere Erkenntnisse der Meteorologie und ihre Verwertung“. (Man sehe den Wortlaut des Vortrages in Unterrichtsbl. Nr. 5 und Monatshefte Nr. 67.) Für den Unterricht beachtenswert ist daraus besonders die Forderung, nur positives Wissen in den Unterricht aufzunehmen, aber die Wettervorhersage nicht in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. — Es folgte ein Vortrag von HESS (Nürnberg) „über Fortbildungssemester für Lehrer an höheren Schulen“. Über den Vortrag vgl. man Unterrichtsbl. Heft 5, über den daran anschließenden Beschluß der Versammlung ebd. Heft 4. —

In der 4. allgemeinen Sitzung am Nachmittag des zweiten Tages sprach Oberregierungsrat Dr. END vom bayrischen Kultusministerium „über Erfahrungen über den physikalischen und chemischen Unterricht an den bayrischen Real- und Oberrealschulen“. Ein eingehender Bericht ist in diesem Heft der Zeitschrift S. 317 gegeben. — Danach behandelte Brüsch (Lübeck) „die Frage der direkt in den Unterrichtsgang eingefügten chemischen und physikalischen Schülerübungen auf allen Klassen des Gymnasiums“ (abgedruckt in den Monatsheften f. d. naturw.

Unterricht). Aus einer Rundfrage des Vortragenden an alle R.-G. und R.-Pr.-G. mit Einschluß der Auslandsschulen hat sich ergeben, daß an der weitaus größeren Zahl der Anstalten (196 von 264) Übungen eingerichtet sind, an Voll-R.-G. ist das Verhältnis 182:212. Es sind nur physikalische oder chemische oder beiderlei Arten von Übungen an 124 Anstalten eingerichtet, chemische Übungen an 152, biologische an 83 (bzw. 92) Anstalten. Allerdings überwiegen noch die wahlfreien Übungen (Physik 81, Chemie 97), während man verbindliche Übungen in besonderen Stunden nur an einer geringen Zahl von Anstalten (je 24 für Physik und Chemie) eingeführt hat. Der Vortragende befürwortet, daß die Übungen verbindlich gemacht, aber in den normalen Unterricht hineingelegt werden, ohne wesentliche Vermehrung der für ihn angesetzten Stunden. „Gerade in der zwanglosen Eingliederung der Übungen in den regelmäßigen Unterrichtsgang, in ihrem folgerichtigen Herauswachsen aus diesem besteht der Wert der Schülerübungen.“ Genaueres über die Art der Eingliederung hat der Vortragende in der Programm-Abhandlung des Johanneums zu Lübeck Ostern 1913 (Pr. Nr. 1023) mitgeteilt. — Zum Schluß berichtete LÖFFLER (Schwäb. Hall) über die neuen württembergischen Lehrpläne für die höheren Knabenschulen (man vgl. „Aus der Natur“ 1913, Heft 10/11). In der anschließenden Diskussion fanden namentlich die Ausführungen von W. END fast durchweg lebhaft Zustimmung.

In Abteilungssitzungen sprachen dann: LÖTZBEYER (Berlin) über „die Berücksichtigung der politischen Arithmetik im mathematischen Unterricht und ihre Bedeutung für die staatsbürgerliche Bildung und Erziehung“; SCHOTTE (Chemnitz) über „Wellenoptik im elementaren Unterricht mit Demonstration der neuesten Wasserwellenmaschine von Weinhold“ und WIMMER (München) über „Hilfsmittel für den biologischen Unterricht und Vorführung von Einrichtungen zur Projektion und Mikroprojektion“.

In der 5. allgemeinen Sitzung am 15. Mai hielt Prof. K. T. FISCHER einen Vortrag mit Demonstrationen über „physikalische Unterrichtsmittel für Tieftemperaturen“. Der Vortragende erläuterte die Gesetze der Abhängigkeit des Schmelzpunkts vom Druck und demonstrierte mit Hilfe von Thermoelementen die Erniedrigung des Gefrierpunkts des Wassers durch Druck-erhöhung. Danach wurde das Problem der

Gasverflüssigung historisch erörtert und dabei der große Einfluß des von Linde 1895 erdachten Verfahrens auseinandergesetzt. Mit einem Olszewskischen Apparat wurde Stickstoff aus einer Stahlflasche unter Benutzung eines Reduzierventils bei 3 Atm. Druck verflüssigt und dieser durch Erniedrigung des Drucks bis auf 94 mm in festen Stickstoff verwandelt. Der Vorgang konnte sowohl im Projektionsbild als auch direkt mit dem Auge verfolgt werden. Dem Vortragenden wurde für die geschickte und übersichtliche Vorführung reicher Beifall gezollt. — GRIMSEIL (Hamburg) zeigte darauf noch einige für Schülerübungen geeignete kleine Leydener Flaschen, mit denen sich die Hintereinanderschaltung elektrostatischer Spannungen bequem demonstrieren läßt.

Im Anschluß an die Sitzung fand unter Führung von Prof. SCHRÖTER eine Besichtigung der neuen, erst zum Teil fertigen Maschinenlaboratorien der Technischen Hochschule statt, und danach ein Besuch des Laboratoriums für technische Physik, über das der Direktor Prof. KNORLAUCH einen einleitenden Vortrag hielt. Gleichzeitig fanden spezielle Führungen im Deutschen Museum und in verschiedenen staatlichen und städtischen Schulen statt. Der Nachmittag vereinigte die Mehrzahl der Teilnehmer zu einem Ausflug an den Starnberger See.

Am 16. Mai fanden Fortbildungsvorlesungen und Exkursionen statt. Im Institut für theoretische Physik hielt Prof. SOMMERFELD einen Vortrag über „unsere gegenwärtige Anschauung über Röntgenstrahlung und Demonstration der Interferenzerscheinungen an Kristallplatten“. (Der überaus lichtvolle Vortrag ist in der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften“ 1913, Nr. 30 erschienen.) Danach demonstrierte und erläuterte Herr Dr. FRIEDRICH die Erscheinungen der Interferenz von Röntgenstrahlen an Kristallen und die Beugungsringe bei quasiisotropen Substanzen. — Herr Dr. DACQUÉ sprach über „Paläogeographie“ und unternahm im Anschluß daran eine Exkursion nach Schliersee und auf die Rotwand zur Demonstration des Aufbaus der oberbayerischen Alpen. — In der technischen Hochschule hatte Prof. FISCHER eine Reihe von physikalischen Unterrichtsmitteln aufgestellt, die er am Nachmittag des letzten Tages erläuterte.

**Berliner „Vereinigung für biologischen,
chemischen und erdkundlichen Unterricht“.**

Ortsgruppe des Vereins zur Förderung des
mathematischen und naturwissenschaftlichen
Unterrichts.

(Versammlungen am 5. März und 23. April 1913.)

Das Hauptthema der Verhandlungen bildeten beidemal „Die chemischen Schülerübungen“. Referenten waren die Herren A. KRAUSE und O. OHMANN.

Auf den Inhalt der Vorträge der Referenten sowie der Diskussion werden wir an anderer Stelle dieser Zeitschrift später zurückkommen. An der lebhaften Diskussion beteiligten sich außer den Referenten die Herren v. Hanstein, Wetekamp, Ramme, Bahrdt, Lachmann, Hirsch, Müller (Reinickendorf) u. a. Heut seien nur die vom Referenten O. Ohmann aufgestellten und von der Versammlung revidierten Leitsätze wiedergegeben, auf die man sich am Schlusse einigte:

1. Die chemischen Schülerübungen der Realvollanstalten dürfen nicht unabhängig vom Klassenunterricht neben diesem einhergehen, sondern sind obligatorisch in diesen einzugliedern.
2. Chemischer Klassenunterricht und chemische Schülerübungen müssen in engstem sachlichen Zusammenhange stehen und sich gegenseitig befruchten; innerhalb derselben Klasse müssen daher beide stets in einer Hand liegen.
3. Bei der großen Bedeutung, welche chemische auf Grund eigener Tätigkeit erworbene Einsichten sowohl für das praktische Leben wie auch für die körperliche Gesundheit haben, sind für alle Schüler der Nichtvollanstalten chemische Schülerübungen unerlässlich.
4. An den Gymnasien sind aus denselben Gründen chemische Schülerübungen bereits in der U II anzusetzen. Auf der Oberstufe sind in den biologischen Kursus einige organisch-chemische Schülerversuche einzugliedern.
5. An den Seminarien sind gründliche chemische Übungen besonders deshalb notwendig, um dem künftigen Volksschullehrer diejenige Sicherheit im Experimentieren zu geben, die in seinem späteren chemischen Unterricht Unfälle nach Möglichkeit ausschließt.

Hierzu wurde noch aus der Versammlung der weitere Zusatz gemacht:

6. Bei einer Revision der Lehrpläne ist sowohl auf den chemischen wie auch auf den biologischen Unterricht hinsichtlich der praktischen Übungen genügend Rücksicht zu nehmen. An den Reform-Realgymnasien ist der chemische Unterricht in U II wiederherzustellen.

O.

Ferienkurs an der Universität Erlangen.

Zu dem Ferienkurs, der vom Montag, den 14. Juli, bis Sonnabend, den 19. Juli, stattfand, hatten sich 47 Teilnehmer eingefunden. An dem letzten Drittel des Ferienkurses nahm Herr Oberregierungsrat Dr. End vom Kgl. Staatsministerium teil.

Folgende Vorträge und Übungen wurden abgehalten: Herr Geheimrat Dr. E. Wiedemann: Apparate des Altertums und des Mittelalters; Fortschritte der Technik und Entwicklung der Naturwissenschaften. Herr Professor Dr. R. Reiger: Atomistische Struktur der Elektrizität. (Leitungs- und Verschlebungsfunktionen; Quantentheorie.) Herr Privatdozent Dr. J. Würschmidt: Physik der Legierungen. Herr Dr. J. Frank: Kolloide und ihre physikalischen Eigenschaften. Herr Diplomingenieur Dr. E. Hauser: Elastische Eigenschaften fester Körper. Herr Geheimrat Dr. O. Fischer: Neues aus dem Gebiete der physiologisch-biologischen Chemie. Herr Professor Dr. Busch: Neuere Errungenschaften der technischen Chemie. Herr Professor Dr. Henrich: Theorien der organischen Chemie. Herr Professor Dr. E. Jordis: Theoretische Grundlagen der anorganischen Chemie. Herr Professor Dr. Lenk: Neuere Anschauungen über die Bildungsweise der Mineralien in der Natur. Herr Privatdozent Dr. R. Baldus: Beeinflussung der euklidischen Geometrie durch die nichteuklidische.

Unter der Leitung von Herrn Professor Dr. Reiger und Dr. Frank wurden am Montag und Mittwoch nachmittags ein elektrotechnisches Praktikum abgehalten und Vermessungsübungen ausgeführt, die von Herrn Privatdozent Dr. Würschmidt und Herrn Dr. Hauser geleitet wurden.

Am Dienstag Nachmittag wurde die Kgl. Oberrealschule *Nürnberg* besucht. Dort hielt Herr Professor Koch einen Vortrag über physikalische und Herr Professor Dr. Küspert einen Vortrag über chemische Schülerübungen, während Herr Dr. Wagner über die Hilfsmittel des biologischen Unterrichts berichtete und dabei besonders das lebende Material im Unterricht betonte.

Der Donnerstag Nachmittag war dem Besuch der Fabrik elektromedizinischer Apparate der Reiniger, Gebbert & Schall A.-G. gewidmet. Bei der Besichtigung des Etablissements wurden die neuesten Apparate auf dem Gebiete der Elektromedizin und der Röntgentechnik im Betriebe gezeigt.

Am Freitag Nachmittag wurden im chemischen Laboratorium von Herrn Geheimrat Dr. O. Fischer, Herrn Prof. Dr. Henrich und Herrn Prof. Dr. Jordis Demonstrationen vorgeführt.

Anschließend an den Vortrag des Herrn Dr. Hauser führte Herr Prof. Dr. Pospieloff aus Tomsk die Brownsche Molekularbewegung in objektiver Weise vor.

Am Freitag abends vereinigte eine gesellige Zusammenkunft die Herren Dozenten und Teilnehmer des Ferienkurses zu anregendem Gedankenaustausch. Den Schluß des Ferienkurses bildete ein geographisch-geologischer Spaziergang von Erlangen über Spardorf nach Marloffstein, der von Herrn Prof. Dr. Lenk und Prof. Dr. Volz geleitet wurde.

Adami.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Demonstrationsapparat für das Boyle-Marlottesche Gesetz nach H. Lohmann.

Von KOCH & STERZEL und MEISER & MERTIG in Dresden.

Von den mancherlei für dieses Gesetz konstruierten Demonstrationsapparaten unterscheidet sich der vorliegende durch die Art der Quecksilberzuführung und durch die Ablesevorrichtung. In Fig. 1 ist der Apparat schematisch, in Fig. 2 dessen oberer Teil im Maßstab 1:14 dargestellt.

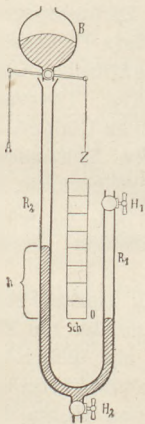


Fig. 1.

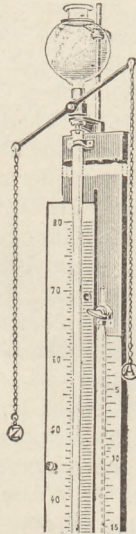


Fig. 2.

Das Quecksilber wird in dem Behälter B aufbewahrt und kann vermittels des Zughahnes AZ in das Rohr $R_1 R_2$ abgelassen werden. Dabei ist der Hahn H_2 geschlossen, H_1 geöffnet. Nachdem man so ein bestimmtes

Luftquantum (v_1 , etwa 40 ccm) in dem Rohr R_1 erhalten hat, schließt man H_1 und läßt aus B weiter Quecksilber ausfließen. Hierdurch wird das Volumen v_1 in R_1 zusammengepreßt. Man bringt nun den Nullpunkt des 80 cm langen Schiebers (Sch) an die Quecksilberkuppe in R_1 und liest die Höhe der Überdrucksäule in R_2 am Schieber direkt ab. Um auch für Volumenvergrößerung das Gesetz zu bestätigen, stellt man unter Öffnen von H_1 ein kleines Luftvolumen (etwa 20 ccm) her und schließt dann H_1 . Hierauf öffnet man H_2 und läßt daß Quecksilber aus diesem Hahne in ein darunter gestelltes Gefäß ausfließen. Die Höhe der Unterdrucksäule in R_2 liest man dann ab, indem man den Nullpunkt des Schiebers auf den Meniskus in R_2 einstellt. Natürlich lassen sich bei H_1 in das Rohr R_1 andere Gase einführen und Trockenapparate ansetzen. Das Quecksilber wird nach den Versuchen bei H_2 abgelassen. Den Apparat kann man auch gut für Demonstration des Quecksilberbarometers verwenden. Zu dem Zwecke läßt man bei geöffnetem Hahne H_1 und geschlossenem H_2 so viel Quecksilber aus B fließen, daß R_1 völlig gefüllt wird. Nun schließt man H_1 und öffnet H_2 . Nachdem die barometrische Höhendifferenz der beiden Quecksilberniveaus erreicht ist, beginnt auch in R_1 das Quecksilber zu sinken; die Niveaudifferenz bleibt aber bei weiterem Ablassen aus H_2 konstant. — In ähnlicher Weise kann die Konstanz der Spannkraft gesättigter Dämpfe gezeigt werden, wenn man auf das Quecksilber in R_1 z. B. Alkohol, Wasser oder Äther aufschichtet. Der Preis des Apparates beträgt ohne Quecksilberfüllung M 70,—.

Korrespondenz.

Der Verlag B. G. Teubner in Leipzig sieht sich durch die bei ihm erschienene „Didaktik der Himmelskunde und astronomischen Geographie“ von Höfler veranlaßt zu folgendem

Preis Ausschreiben.

Es werden Schüler der mittleren und höheren Schulen, die sich einerseits gerne mit Himmelskunde, andererseits mit Handfertigkeit beschäftigen, hiermit eingeladen, einen Sextanten und einen Theodoliten durch eigene Handfertigkeit herzustellen.

Solche Schüler werden gut tun, sich hierfür den Rat ihrer Herren Lehrer, namentlich der Mathematik, der Physik, der Himmelskunde, der Geographie — und, wo schon Arbeitsschulen bestehen, insbesondere auch die Anleitung der sie in der Handfertigkeit unterweisenden Herren zu erbitten.

Es würde darauf ankommen, daß durch diese beiden Winkelmeßinstrumente Bogenabstände am Himmel mit einer Genauigkeit von etwa einem Grad gemessen werden können; so z. B. die von Tag zu Tag bis zu 13° betragende Verschiebung des Mondes gegen Fixsterne des Tierkreisgürtels. Dabei können die käuflichen Papier- oder Messingtransporteure benützt werden (allenfalls auch Abzüge der Kreisteilung von Höflers Himmelsglobus, die auf briefliche Bestellung durch Lehrer vom Verlage Teubner kostenlos geliefert werden). Alles Einzelne des Baues und der Ausführung beider Vorrichtungen bleibt den erfindenden und ausarbeitenden Schülern überlassen.

Zur Preisrichterschaft haben sich bereit erklärt die Herren Böttcher, Geh. Studienrat, Rektor in Leipzig; Frey, Seminaroberlehrer in Leipzig-Connewitz, Höfler in Wien, Ohmann in Berlin-Pankow; Pabst, Seminarleiter in Leipzig; Poske in Berlin-Dahlem; Schülke, Direktor des Realgymnasiums in Tilsit.

Die Arbeiten sind bis zum 1. April 1914 an die Verlagsbuchhandlung B. G. Teubner in Berlin, Potsdamer Straße 129/130, einzusenden mit dem deutlichen Hinweis auf der Adresse: für das Höfler-Preis Ausschreiben. Der Sendung ist in verschlossenem Briefumschlag die Adresse des Herstellers des Modells beizufügen. Auf die Außenseite des Briefumschlages ist ein Kennwort zu setzen,

das auch auf dem Modell selbst deutlich erkennbar sein muß.

Für die Brauchbarkeit und Preiswürdigkeit der eingesandten Arbeiten werden maßgebend sein die Einfachheit und verhältnismäßige Genauigkeit der Vorrichtungen und die Wohlfeilheit ihrer Herstellung, so daß die besten Arbeiten späterhin durch Abbildung, Beschreibung und Anleitung zu ihrer Nachahmung auch anderen Schülern werden empfohlen werden können. Es können entweder beide Vorrichtungen oder nur eine (oder auch eine nicht als Sextant oder Theodolit zu bezeichnende, aber ähnlichen Zwecken dienende) eingesandt werden.

Die Zuerkennung der Preise geschieht zum Herbstanfang 1914. Die Preise selbst werden bestehen in Werken des Verlages Teubner in den Gesamtwerten von 40, 30, 20, 10 M und werden den Gewinnern nach schriftlicher Bekanntgabe ihrer Wünsche an Professor Poske in Berlin durch den Verlag B. G. Teubner, Leipzig, kostenlos zugestellt. Eine Rücksendung der Arbeiten kann nicht erfolgen.

Berichtigung zu dem Aufsätze
von H. LOHMANN in Heft 4, S. 229 bis 231.

Herr Dr. Aurel Hartwich von der Allgemeinen Deutschen Schule in Antwerpen macht mich freundlichst darauf aufmerksam, daß zur theoretischen Erörterung meiner Apparate, des „Wirblers“ und des „Schauklers“, wie der entsprechenden turnerischen Vorgänge der Keplersche Flächensatz im wesentlichen genügt. Wendet man ihn auf den „Wirbler“ an, so ergibt sich, daß die Winkelgeschwindigkeit nicht dem Radius, sondern dem Quadrate des Radius umgekehrt proportional ist. Will man auf diesen Apparat den Energiesatz anwenden, so muß man auch die potentielle Energie der spannenden Feder und der Schwere berücksichtigen. Damit erst gelangt man zu einer befriedigenden theoretischen Erklärung des als Kampf zwischen Spann- und Fliehkraft beschriebenen Vorganges. Auch zur Theorie des „Schauklers“ hat mir Herr Hartwich beachtenswerte Verbesserungen mitgeteilt, deren Veröffentlichung in dieser Zeitschrift ich ihm aber nach seinem Belieben selbst überlassen zu müssen glaube.

H. Lohmann.

Zu dem Bericht über den Nachweis der elektrostatisch-ponderomotorischen Wirkung der Induktion in Heft 3, S. 181 sei nachträglich richtiggestellt, daß der Plan zu dem dort beschriebenen Versuch von Herrn

Professor F. RICHARZ in Marburg herrührt, und daß Herr K. HENRICH den Versuch mit einer von ihm selbst vorgeschlagenen, für den sicheren Erfolg bedeutsamen Abänderung ausgeführt hat.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1913.

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

		Oktober					November						
		4	9	14	19	24	29	3	8	13	18	23	28
♄	AR	13 ^h 27 ^m	13.56	14.23	14.51	15.18	15.43	16. 5	16.21	16 27	16.17	15.52	15.30
	D	— 9 ^o	— 13	— 16	— 18	— 21	— 22	— 24	— 24	— 24	— 22	— 19	— 17
♀	AR	10 ^h 46 ^m	11. 9	11.32	11.54	12.17	12.40	13. 3	13.26	13.49	14.13	14.37	15. 2
	D	+ 9 ^o	+ 7	+ 5	+ 2	0	— 3	— 5	— 7	— 10	— 12	— 14	— 16
☉	AR	12 ^h 39 ^m	12.58	13.16	13.35	13.54	14.13	14.32	14 52	15.12	15.33	15.54	16.15
	D	— 4,2 ^o	— 6,1	— 8,0	— 9,9	— 11,6	— 13,4	— 15,0	— 16,5	— 17,9	— 19,2	— 20,3	— 21,3
♃	AR	6 ^h 42 ^m	6.52	7. 2	7.11	7.19	7.26	7.33	7.38	7.42	7.45	7.47	7.48
	D	+ 23 ^o	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 24
♃	AR	18 ^h 41 ^m	18.45			18.51		18.58		19. 5		19.13	
	D	— 23 ^o	— 23			— 23		— 23		— 23		— 23	
♄	AR	5 ^h 9 ^m						5. 5					
	D	+ 21 ^o						+ 21					
☾	Aufg.	6 ^h 7 ^m	6.15	6.24	6.33	6.42	6.51	7. 1	7.10	7.19	7.28	7.37	7.45
	Unterg.	17 ^h 30 ^m	17.18	17. 7	16.56	16.46	16.35	16.26	16.17	16. 9	16. 2	15.55	15.50
☾	Aufg.	12 ^h 24 ^m	15.56	16.44	18.18	—	6.41	13.11	14.36	15.28	19.24	1.12	8.46
	Unterg.	18 ^h 56 ^m	—	5.22	11.40	15. 0	16. 4	19.41	0.48	6.51	12.17	13.44	15.22
Sternzeit im mittl. Mittg.		12 ^h 50 ^m 8 ^s	13.9.51	13.29.33	13.49.16	14. 8.59	14.28.42	14.48.24	15. 8. 7	15.27.50	15.47.33	16. 7.16	16.26.58
Zeitgl.		— 11 ^m 6 ^s	— 12.34	— 13.50	— 14.53	— 15.4	— 16.10	— 16.21	— 16.11	— 15.41	— 14.50	— 13.37	— 12. 5

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M. E. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Okt. 29, 15 ^h 29 ^m Nov. 28, 2 ^h 42 ^m	Okt. 7, 2 ^h 47 ^m Nov. 5, 19 ^h 35 ^m	Okt. 15, 7 ^h 7 ^m Nov. 14, 0 ^h 12 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	unsichtbar	morgens 3 bis 2 Stunden lang sichtbar	7 ¹ / ₄ bis 8 ¹ / ₂ Stunden lang vor Tagesanbruch sichtbar	abends 3 bis 2 ¹ / ₂ Stunden lang sichtbar	fast die ganze Nacht hindurch sichtbar
im November	gegen Ende des Monats morgens im SO bis ¹ / ₂ Stunde lang sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer nimmt ab bis auf 1 Stunde	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 11 ³ / ₄ Stunden	zuletzt nur noch 1 ¹ / ₂ Stunden lang abends sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar

Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

Okt. 2, 21 ^h 4,6 ^m M. E. Z.	Austritt des II. Trab.	Okt. 27, 18 ^h 18,5 ^m M. E. Z.	Austritt des II. Trab.
- 11, 18 36,5	- I. -	Nov. 3, 18 50,4	- I. -
- 18, 18 26,0	- Eintritt - III. -	- 19, 17 9,0	- I. -
- 18, 20 31,6	- Austritt - I. -	- 23, 17 48,8	- III. -

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.