

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang.

Erstes Heft.

Januar 1909.

Lichtzeigernadel nebst Zubehör für Galvanometrie und Magnetometrie.

Von

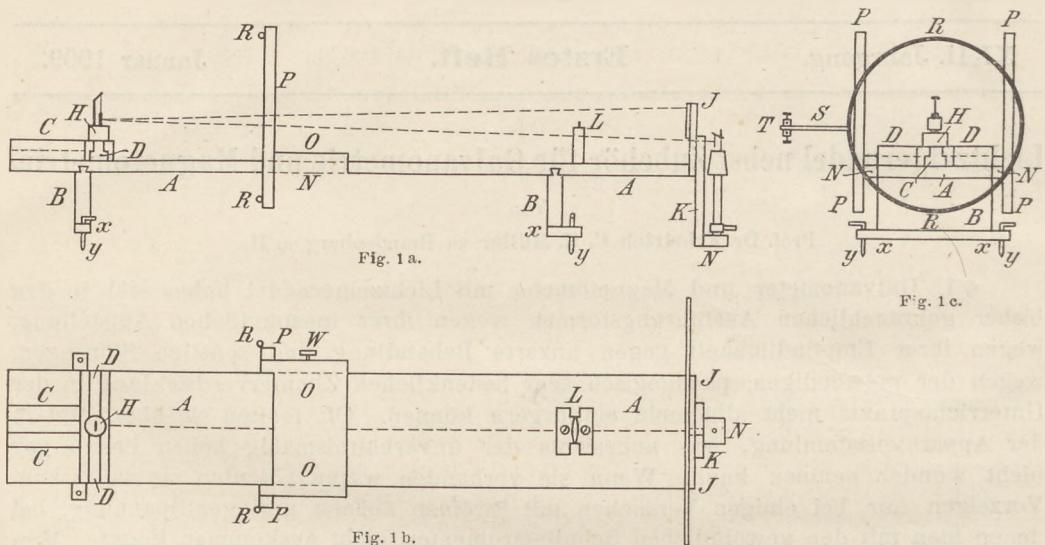
Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H.

§ 1. Galvanometer und Magnetometer mit Lichtzeigernadel haben sich in den bisher gebräuchlichen Ausführungsformen wegen ihrer umständlichen Aufstellung, wegen ihrer Empfindlichkeit gegen unzarte Behandlung und sonstige Störungen, wegen der notwendigen, pädagogisch sehr bedenklichen Zimmerverdunklung in der Unterrichtspraxis nicht allgemein einbürgern können. Oft fehlten sie überhaupt in der Apparatensammlung, was angesichts der unverhältnismäßig hohen Preise gar nicht wunder nehmen kann. Wenn sie vorhanden waren, dienten sie außer zum Vorzeigen nur bei einigen Versuchen mit Strömen äußerst geringer Spannung, bei denen man mit den gewöhnlichen Schulinstrumenten nicht auskommen konnte. Nun hat aber das Lichtzeigergalvanometer in hervorragendem Maße das Hauptfordernis eines guten Demonstrationsinstruments, von allen Plätzen eines großen Auditoriums gut ablesbar zu sein; daneben zeigt es im Bau seiner arbeitenden Organe die wünschenswerte Einfachheit und Übersichtlichkeit. Deshalb hat es auch nicht an Bemühungen gefehlt, seine ganze Aufmachung in der Richtung abzuändern, daß ein bequemer, zuverlässiger und billiger Schulapparat entsteht. Auch ich habe trotz meiner Vorliebe für das Wagegalvanometer der gedachten Aufgabe meine Aufmerksamkeit zugewandt und schon seit längeren Jahren vereinfachte Lichtzeigerinstrumente häufig vor der Klasse zu magnetometrischen und galvanometrischen Versuchen verwendet. In meiner „Technik des physikalischen Unterrichts“ ist ein derartiges Instrumentarium bereits beschrieben. Inzwischen habe ich dasselbe in seinen Einzelheiten noch weiter verbessert und den besonderen Erfordernissen des Schulgebrauchs angepaßt. Zugleich suchte ich es möglichst zu verbilligen und für die Selbstanfertigung unter alleiniger Mitwirkung von Handwerkern und unter Verwendung leicht und wohlfeil zu beschaffender Materialien geeignet zu machen. Um in dieser Hinsicht klar zu sehen, habe ich das ganze Instrument mit allen Nebenapparaten unlängst von Grund auf neu hergestellt, bis ins kleinste durchprobiert und vielfach vor der Klasse gebraucht. Es hat beim Unterricht und bei wissenschaftlichen Arbeiten allen Ansprüchen genügt¹⁾. —

Die Spiegelnadel, die Lichtquelle und die Skala sind durch ein in den Figuren 1 a, b, c (a. f. S.) in etwa $1/13$ Gr. gezeichnetes bankartiges Gerüst miteinander in starre Verbindung gebracht. Es besteht aus dem rechteckigen Brette AA — 115 : 20 : 2,5 cm — mit eingezapften Stützbrettern B von 10 cm Höhe nebst den darunter befestigten Holzprismen x, in denen die aus 8 mm starkem Messingdraht hergestellten Fußschrauben y sitzen.

¹⁾ Die nachfolgende Beschreibung ist so gehalten, daß jeder Fachmann sich darnach den Apparat selber anfertigen kann. Nennenswertes Mechanikergeschick ist nicht erforderlich, aber viel Kleinarbeit und allerlei Besorgungen. 30 Stunden Arbeitszeit dürfen darauf zu verwenden sein. Die Auslagen betragen 15—20 M.

Auf dem einen Ende der Bank liegt der aus rechteckigen Leisten zusammengebaute kreuzförmige Sockel *CCDD*. Er besteht zu unterst aus je einem Paar im Abstande von 3 cm verlegten Leisten von 1,5 cm im Quadrat. Darauf sind je 2 um 0,5 cm breitere Leisten so geleimt, daß zwischen ihnen der Querschlitz *D* und



der Längsschlitz C offen bleiben. Diese Schlitze dienen zum Einschieben der unten zu besprechenden Maßstäbe und Stromleiter.

Vor das andere Ende ist das Vertikalbrett $J = 20:1,5:12$ cm — befestigt, an dem die Skala aufgehängt wird.

Ebenfalls starr mit der Bank verbunden ist der Lampenträger *KN*, bestehend aus dem mitten hinter dem Vertikalbrett *J* angeschraubten Prisma *K* — 4:2:20 cm — und dem angezapften Fußstück *N* — 4:2:6 cm.

Alle Teile der Bank sind vom Tischler aus gutem alten Holz genau nach Maß und Winkel anzufertigen und mittels Messingschrauben und Leim zu verbinden. Auf A und J werden der Symmetrieebene entsprechende Mittellinien deutlich sichtbar eingerissen.

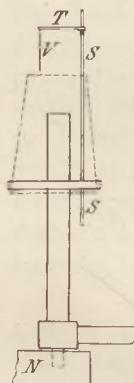


Fig. 2.

Ende den etwa 2,5 cm langen Glühdraht V . T ist in Wirklichkeit, was in der Zeichnung nicht hervortritt, so um die Flamme herumgebogen, daß nur sein äußerstes Ende damit in Berührung kommt. Beim ersten Ingangsetzen wird der Glühdraht mittels Zange und Pinzette so eingestellt, daß er bei mittlerer Flammenhöhe höchste Leuchtkraft zeigt.

Zum Schutz gegen Luftzug ist die Flamme mit dem üblichen Schornstein umgeben. Die Rückseite des Vertikalbretts *J* ist gegen die Einwirkung der Hitze durch

ein aufgeschraubtes dünnes Messingblech geschützt. Selbstverständlich ist in der Mitte ein 1 cm breiter Schlitz für den Durchtritt des Lichtes vorgesehen.

Der Glühdraht muß so hängen, daß er sich beim Drüberwegvisieren mit der Mittellinie der Bank deckt. Kleine Abweichungen lassen sich durch Drehung des Sterns leicht berichtigen.

Die beschriebene einfache Glühfadenlampe hat sich im Gebrauch sehr gut bewährt. Sie ist jederzeit sofort betriebsfähig. Sollte durch Zufall der Glühdraht verbiegen oder brechen, so kann er in wenigen Minuten ersetzt oder wieder in Ordnung gebracht werden.

Zum Beleuchtungsapparat gehört noch die einfache bikonvexe Linse *L* von 20 cm Brennweite und 4 cm Durchmesser in einem aus rechteckigem Blech mit aufgebogenem Lappen gebildeten Halter, dessen Ort durch Vorversuche ermittelt wird, und der sich behufs scharfer Einstellung mittels Schlitzen unter Kopfschrauben ein wenig in der Mittellinie verschieben läßt.

Die Lichtzeigernadel ist in Fig. 3 in halber Größe wiedergegeben. Die nur 0,8 cm lange, aber doppelt so breite Nadel *NS* wird nebst dem 1,5 mm breiten Stiel *B* mit der Schaufel *C* von 4 mm im Quadrat aus etwa 0,7 mm starkem Stahlblech mittels Schere und Feile gemacht. Möglichst eben gerichtet, wird sie am Stiel senkrecht nach unten rotglühend in kaltes Wasser getaucht. Es ist wünschenswert, die Nadel nach dem Härteten auf der Schmirgelscheibe oder auf einer Spiegelglasplatte mit Schmirgelpulver ganz eben zu schleifen, wobei ein mit Klebwachs aufgekitteter Kork als Handhabe dient.

Die Quermagnetisierung der Nadel geschieht zwischen den für das Waltenhofensche Pendel bestimmten Halbäckern des großen Elektromagneten, und zwar bei horizontaler Lage des Nadelblatts. Nötigenfalls tun es auch zwei auf die Pole eines starken Elektromagneten gelegte Stücke von 1 cm dickem Flacheisen. Ob die Magnetisierung gut gelungen, wird durch Streukurven festgestellt.

Auf die Nadelfläche, welche der Klasse abgewendet liegen wird, kittet man mittels einer Spur Klebwachs ein versilbertes Mikroskopier-Deckgläschen *A*, auf die andere als Gegengewicht ein gleiches, aber unbelegtes. Das Aufkitten geschieht am besten zwischen zwei erwärmten Spiegelglasplatten von etwa 10 cm Größe.

Die Gläschen haben das gewöhnliche Format von 1,5 cm im Quadrat. Man versilbert nach bekanntem Rezept gleichzeitig eine größere Zahl, wählt davon die guten aus und macht die andern mittels Salpetersäure wieder für ihren eigentlichen Zweck brauchbar. Die Prüfung geschieht in der Weise, daß man die Spiegel mit einer Pinzette unter einem Winkel von 45° in den Lichtkegel einer Bogenlampe oder durch eine kleine Öffnung gegangenen Sonnenlichts hält; dann muß unter der Decke ein möglichst unverzerrter quadratischer Lichtfleck erscheinen.

Die Spiegel sind mit voller Absicht weit größer genommen, als es sonst bei Reflexinstrumenten üblich ist. Sie erzielen eine solche Lichtstärke, daß die Lichtmarke auch im unverdunkelten Zimmer weithin sichtbar ist. Man hat nur dafür zu sorgen, daß die Skala im Schatten liegt. Auch sei noch hervorgehoben, daß selbst bei 50 cm Ausschlag der etwa 2 mm breite Index noch genügend hell und scharf ist. Zum Aufhängen der Spiegelnadel dient ein einfacher Kokonfaden an dem aus 2 mm-Messingdraht hergestellten, oben glatt geklopften und eingekerbten Träger *D*, welcher in einen mit Hohlraum versehenen, zylindrischen Bleifuß *E* eingelassen ist.

Die zur Herstellung des Fußes dienende, in Fig. 4 wiedergegebene Gießform besteht aus einem Holzzyylinder *M* von 3,5 cm Dm., einem herumgerollten und mit Draht festgebundenen Streifen Schablonenblech *N* und dem von einem 2 mm starken Messingdraht *O* gehaltenen Holzkern *P*. Die Form wird vor dem Gebrauch über

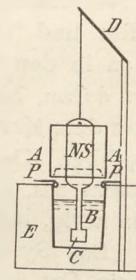


Fig. 3.

einer Flamme bis zur beginnenden Bräunung vorsichtig erhitzt. Man gießt sie 2,5 cm hoch mit einer Legierung von Blei mit 20 % Antimon aus. Hinterher wird der abgekniffene Draht zum Nadelträger umgeformt und der Fuß schwarz lackiert.

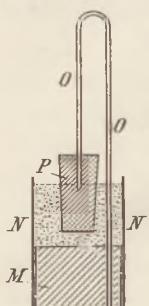


Fig. 4.

Der Hohlraum des Fußes, welcher behufs Nadeldämpfung zu $\frac{3}{4}$ mit Vaselinöl gefüllt werden soll, erhält einen Deckel *P*, aus einer runden Scheibe Schablonenblech und einem darunter gelöteten, in die Öffnung passenden, nicht ganz geschlossenen Ring aus 1 mm-Messingdraht. Die Scheibe erhält von der Ringlücke aus einen 6 mm breiten, diametralen Einschnitt, der in der Weise gemacht wird, daß man das Blech nur nach der einen Längsseite und nach der Schmalseite des zu bildenden Spalts mit dem Messer durchtrennt und den Lappen rechtwinklig aufbiegt. Dieser in der Fig. 3 punktiert angedeutete Lappen soll das Herumwerfen der Nadel durch starke ablenkende Kräfte oder beim Tragen und Fortstellen verhindern.

Beim Aufhängen der Nadel muß darauf geachtet werden, daß der Faden in der Meridianlage der Nadel möglichst torsionslos ist. Zu dem Zweck werden Fuß, Schlitz und Träger in Meridianlage gestellt und die Nadel mit dem eingeknüpften Faden in den Schlitz gesenkt. Dann legt man den Faden in den Kerb des Halters, zieht daran, bis die Nadel in der richtigen Höhe schwebt, und drückt das Ende nahe hinter dem Kerb mittels eines erwärmteten Stifts auf ein zuvor auf den Träger gebrachtes Tröpfchen Klebwachs. Eine solche Aufhängung vollzieht sich, sobald man es einmal gemacht hat, schnell und leicht. Auch kann der Faden mit dem erwärmteten Stäbchen, wenn nötig, sofort wieder losgemacht und etwas vorgezogen oder nachgelassen werden.

Das System erhält seinen Platz im Mittelpunkte des Kreuzes (*H*, Fig. 1), und ist sein Ort durch zwei auf die Leisten befestigte Ringsegmente aus Karton genau vorgezeichnet.

Ein rektanguläres, die Leisten *C* und *D* umgreifendes Pappfutteral mit einer dem Spiegel entsprechenden rechteckigen Öffnung schützt ausreichend vor Luftzug.

Über die Orientierung des ganzen Instruments wird weiter unten das Nötige gesagt werden.

Die Öldämpfung wirkt ganz vorzüglich. Die Nadel stellt sich fast ohne Schwingung sehr exakt ein, und zwar nicht kriechend, wie bei den aperiodischen Induktionsdämpfern, sondern dank ihrem kräftigen Magnetismus und dem geringen Trägheitsmoment binnen 2 Sekunden. Die Lichtmarke fliegt bei großen Ausschlägen über die Skala. Es können in einer einzigen Minute 15—20 Einstellungen und Ablesungen vorgenommen werden! Damit ist auch gesagt, daß die Nadel wechselnden Kräften entsprechend schnell zu folgen vermag, was namentlich bei den Grundversuchen über Induktion sehr erwünscht ist. —

Die Skala, welche beiderseits nicht weniger als 55 cm weit reicht, ist auf einen Kartonstreifen gezeichnet und mittels Reißnägeln auf einem 8 cm breiten Lineal aus Laubsägeholtz befestigt. Sie wird mittels Blechwinkeln an dem Vertikalbrett *J* (Fig. 1) aufgehängt.

Hinsichtlich der Teilung habe ich eine wichtige Neuerung getroffen. Bis dahin bediente man sich einfach der Zentimeterteilung. Dann sind aber nur für kleine Winkel die Tangenten der Nadelablenkung den Ausschlägen der Lichtmarke proportional. Bei größeren Ausschlägen, wie sie bei Demonstrationsinstrumenten kaum entbehrt werden können, wird wegen der Winkelverdoppelung eine Korrektion erforderlich. Nach den Tabellen im Kohlrausch sind bei 1000 mm Skalenabstand die nachstehenden Beträge *b* von den Ausschlägen *a* abzuziehen.

<i>a</i> = 50	100	150	200	250	300	350	400
<i>b</i> = 0,0	0,2	0,8	1,9	3,7	6,4	10,0	14,6

Die Korrektion macht also schon bei 20 cm Ausschlag 1% aus und wächst weiterhin sehr schnell. Dadurch wird, von der lästigen Rechnerei gar nicht zu reden, eine unmittelbare Übersichtlichkeit der abgelesenen Werte völlig zerstört. Deshalb bin ich, leider viel zu spät, zu dem Entschluß gekommen, die Gleichteiligkeit aufzugeben und eine korrigierte Skala herzustellen. Mittels eines graphischen Verfahrens erhielt ich die folgende Tabelle, nach der man die neue Skala leicht anfertigen kann. Die Teilstiche a liegen vom Nullpunkt b cm entfernt.

Tabelle zur Anfertigung der korrigierten Skala.

a)	0, 1	10	11	12	13	14	15	16	17	18
b)	0, 1	10,02	11,03	12,06	13,08	14,10	15,12	16,14	17,16	18,18
a)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
b)	19,20	20,23	21,26	22,30	23,33	24,36	25,40	26,45	27,50	28,55
a)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
b)	30,65	31,70	32,75	33,85	34,95	36,05	37,15	38,26	39,37	40,48
a)	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
b)	41,60	42,75	43,90	45,05	46,20	47,35	48,50	49,70	50,90	52,15
										53,45

Die so erhaltene Skala ist bis zum zehnten Strich eine Zentimeterskala. Auch weiterhin bis zum Strich 30 erscheint sie dem Beschauer ebenso; aber bei 45 wächst der Strichabstand schon auf 1,2 cm. Ihre Theorie kann selbstverständlich zugleich mit der Theorie der Tangentengalvanometer erst auf der Oberstufe des Unterrichts behandelt werden. Auf der Unterstufe wird die Richtigkeit der Skala gerade wie bei den technischen Instrumenten mit empirischer Skala experimentell erwiesen und demonstriert. Und das bleibt überall die Hauptsache. Diese Prüfung vollzieht sich im Handumdrehen. Unter Anwendung des gleich zu erwähnenden Stromrings von 30 cm Dm. und einer 6-zelligen Akkumulatorenbatterie von verschwindendem innern Widerstand bringen wir bei der 4 V.-Stellung des Pachytropen die Lichtmarke mit Hilfe des Rheostaten genau auf den Strich 30 (8,7 Ω). Drehen wir dann die Walze auf 2 oder 6 V., so springt der Zeiger exakt auf 15 oder 45. Oder wir bringen den Index auf 24, dann geht er bei den 3 anderen Schaltungen auf 8, 16, 48.

Als die korrigierte Skala zum ersten Male in solcher Art ihre Probe bestanden hatte, war das Nächste, sie beiderseits bis zum 50sten Strich, entsprechend einer Länge von 53,5 cm und einem Ablenkungswinkel von $14,2^\circ$, zu verlängern. Damit ist ein großes Meßbereich geschaffen und eine verhältnismäßig große Genauigkeit gewährleistet. Auf mehrere Meter Abstand kann ja füglich nur auf Zehntel eines etwa 1 cm langen Skalenteiles abgelesen werden, und zwar durch Schätzung. Demnach beträgt der mögliche Ablesungsfehler beim Ausschlage 10 gerade 1 Prozent. Deshalb sollte man bei genauen Versuchen in der Regel nicht unter diesen Ausschlag kommen. Darüber aber verringert sich der Fehler proportional bis auf $\frac{1}{5}$ Prozent. — Wenn es gilt, einen bestimmten Ausschlag herauszubringen oder festzuhalten, so hängt man einen geschwärzten Draht an die betreffende Stelle der Skala.

Was nun die Aufstellung des Instruments betrifft, so erhält die Bank auf dem Experimentiertische ein für allemal ihren vorgezeichneten Platz, der in jedem Auditorium mit Rücksicht auf die Bequemlichkeit des Experimentierens und auf die gute Sichtbarkeit zu bestimmen ist. Es spricht dabei namentlich das Azimut der Zimmerachse mit. Nord-Süd ist am ungünstigsten, Ost-West am günstigsten. In ersterem Falle muß das Instrument ganz ans Ende des Tisches kommen, und die Skala den an derselben Seite sitzenden Schülern mittels eines geneigten Spiegels sichtbar gemacht werden.

Nachdem die Bank in wagerechte Lage gebracht, wird der Kreuzsockel mittels einer guten Bussole oder einer langen schmalen Magnetnadel bis auf $\frac{1}{10}^0$ genau nach dem

magnetischen Meridian orientiert. Dann markiert man durch leise Hammerschläge auf die Fußschrauben die drei Fußpunkte auf der Tischplatte und vertieft sie hinterher noch etwas mittels eines Körners. Auf die so in Stellung gebrachte Bank wird die Nadel gesetzt. Nunmehr fällt, wenn der Glühfaden, wie oben erwähnt, richtig eingestellt worden ist, der durch die Linse gegangene Lichtkegel mitten auf den Spiegel. Gleichzeitig muß das Bild des Glühdrahts auf der Skala erscheinen. Es wäre Zufall, wenn die Lichtmarke genau auf die Null-Linie fiele, der Faden also ganz torsionslos wäre. Aber durch Drehen des Nadelfußes läßt sich dies leicht erzielen. Schließlich markiert man diese Stellung. Nunmehr ist die jedesmalige Wiederaufstellung des Instruments eine rein mechanische, leichte und binnen einer Minute erledigte Arbeit. Es sei aber bemerkt, daß bewegliche größere Eisen- und Stahlgegenstände, z. B. unter dem Tische stehende Bunsenstative, jedesmal außer Störungsbereich gebracht werden müssen.

§ 2. Das galvanometrische Zubehör besteht zuerst aus einem Ring R von 30 cm Durchmesser, der in den Figuren 1a u. 1b im Durchschnitt, in Fig. 1c aber von vorn erscheint. Man macht ihn aus Messingdraht von 3 mm Stärke, indem man von dem käuflichen Ringknäuel ein etwa 96 cm langes Stück abkneift und seine Enden stumpf voreinander lötet. Dieser etwas zu große Ring wird mit dem Holzhammer bestens ausgerichtet. Dann mißt man seinen Umfang mittels eines herumgelegten Meßbandes und findet beispielsweise 95,4 cm. Da nun der richtige Außenumfang $\pi (30,0 + 0,15) = 94,5$ betragen muß, kneift man den Überschuß mit 2 mm Zugabe von dem einen Ende ab, in unserm Falle 7 mm. Nun werden die in Fig. 1c sichtbaren, 8 mm breiten, 12 cm langen Streifen S aus Messingblech von 1 mm Stärke mit ihren 3 mm weiten Bohrungen auf die Drahtenden gepaßt und festgelötet, und zwar so, daß der Draht je 1 mm durchsteht. Dies durchstehende Stück wird im Schraubstock plattgehämmert wie ein Niet. Hierauf legt man um jeden Streifen der Länge nach ein Stück Isolierband, vereinigt sie durch Bunde Isolierband und schnürt zur vollkommenen Befestigung noch ausgeglühten Messingdraht herum. Die Klemmen T , welche bereits vor dem Ansetzen der Streifen aufgelötet waren, sind fast bis zum Loch fortgefeilt worden, so daß die Enden des stromzuführenden Doppeldrahts kaum 5 mm von einander abliegen.

Zur Befestigung und Einstellung des in solcher Art entstandenen genauen Ringes dient ein vom Tischler genau nach dem Winkel angefertigter Schlitten NOP , bestehend aus 2 Führungsleisten N und dem Verbindungs Brett O . Auf den Wangen von N sind vorn die 35 cm langen, 2 cm dicken, quadratischen Ständer P in lotrechter Stellung angebracht. Auf diese wird der Ring in der Weise befestigt, daß man ihn federnd um 4 an richtiger Stelle eingetriebene Messingnägel legt. Er kann also abgenommen und durch anders gestaltete Leiter ersetzt werden. In der Grundstellung des Schiebers liegt die Ringebene genau in der Nadelebene. Man kann sie aber auch parallel zu sich selbst abrücken. Um die Größe dieser Verschiebung zu messen, ist auf der den Schülern sichtbaren Schmalscrite der Bank ein Millimetermaßstab aus Karton, dessen Zentimeterstriche man verstärkt und pentadenweis durch Färbung gekennzeichnet hat, befestigt. Ein in den betreffenden Schlittenständer eingetriebener, kurzer, rechtwinklig gebogener Messingdraht gibt mit seiner geschwärzten Spitze einen scharfen Einstellindex. Um eine bestimmte Schlittenstellung zu sichern, dient die Druckschraube W . —

Wir machen an dieser Stelle einen kurzen Halt, um das Instrument, soweit es bis jetzt beschrieben, in seiner Eigenschaft als Ampermesser näher anzusehen. Im Mittelpunkte des 30 cm-Ringes bedeuten 10 cm Ausschlag bei der Horizontalintensität 0,18 einen Strom von 0,213 Amp. Durch Abrücken des Ringes lassen sich nun bequemere Faktoren, insonderheit der Faktor 1, herausbringen. In unserm Falle entsprechen beim Abstande 20,25 cm je 10 Skalenteile einem Ampere. Dieser Punkt

wird durch Rechnung oder mittels eines Vergleichsamperemessers vorläufig bestimmt, dann aber mittels des Voltameters auf das genaueste festgelegt. Auch vor der Klasse wird eine Nacheichung mit Hilfe des Knallgasvoltameters vorgenommen.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß man nach Wunsch und Zweckmäßigkeit das Instrument sofort auch auf halbe oder auf Doppelamperes einstellen kann, indem man die auf 20 einstehende Lichtmarke durch Näherschieben des Schlittens auf 40 bringt; oder umgekehrt.

Mit dem auf Ampere justierten Ringe ist unser Spiegelgalvanometer ein bequem zu handhabender, schnell und exakt arbeitender, übersichtlich und einfach gebauter, weithin ablesbarer Amperemesser von weitem Meßbereich, ebenso geeignet für den Unterricht wie für wissenschaftliche und technische Arbeiten im Laboratorium.

Vor dem Wagegalvanometer mit Reiterverschiebung hat unser Instrument den Vorzug, daß es keiner Beihilfe des Experimentators bedarf, ungleich schneller arbeitet und allen Veränderungen der Stromstärke, einschließlich der Stromumkehr, offensichtlich folgt.

Auf der anderen Seite ist zu beachten, daß Nadelinstrumente Störungen durch fremde Kraftlinien ausgesetzt sind. Beim Experimentieren mit stärkeren Strömen muß man besonders auf die Einwirkung der Zuleitung achten, wozu auch der innere Strom der Batterie gehört. Meine 6zellige Akkumulatorenbatterie hat z. B. für gewöhnlich ihren Platz mitten unter dem Experimentiertische, muß aber, wenn ihr Strom mittels des beschriebenen Lichtzeigeramperemessers gemessen werden soll, ans entfernte Tischende gefahren und in ostwestlicher Richtung aufgestellt werden. Man hat sich und die Schüler bei jeder Versuchsanordnung, wo die Lichtzeigernadel mitwirkt, davon zu vergewissern, ob die Zuleitung ohne Einwirkung auf die Nadel ist. Man läßt einen Strom hindurch, der einen Ausschlag von 40—50 bewirkt und macht dann an den Ringklemmen Kurzschluß. Nun darf sich die Lichtmarke nicht merklich von Null entfernen.

Für schwache Spannungen und Ströme ist der in Fig. 5 skizzierte Multiplikator bestimmt. Der rechteckige Rahmen von 4:9 cm Innenweite und einem Wicklungsraum von 1,2 cm im Quadrat läßt sich in leicht verständlicher Weise aus einem Streifen von 1 mm dickem Messingblech durch Aufbiegen der durch Einschnitte abgegrenzten Seitenlappen anfertigen. Mittels der etwas längeren unteren Lappen wird er auf eine Holzleiste gepaßt, welche sich mit leichter Reibung in den Querschlitz D, Fig. 1, einschieben läßt. Der Rahmen wird innen und außen schwarz lackiert.

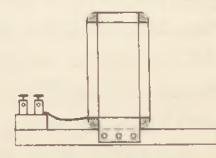


Fig. 5.

Da der Multiplikator beim Unterricht fast ausschließlich für Schwachströme niedriger Spannung, wie bei Versuchen über Induktion und Thermoelektrizität, Verwendung findet, ist es angezeigt, die Wicklung nicht aus Tausenden von Windungen haarfeinen Drahts, sondern aus einigen 100 Windungen dickeren Drahts herzustellen. Ich habe 0,5 mm-Draht verwandt, von dem etwa 250 Windungen auf den Rahmen gingen mit 7,6 Ohm Widerstand bei Zimmertemperatur.

Das Wickeln geschieht am besten auf der Drehbank. Man befestigt im Rahmen ein rechteckiges Holz, durch dessen Mitte ein fingerdicker, kurzer Stab als Achse getrieben ist. Mit diesem Zapfen wird er im Klemmfutter der Drehbank befestigt. Wo eine solche nicht vorhanden, wird der Rahmen an dem Zapfen im Schraubstock befestigt und das Aufwickeln freihändig gemacht. Der zu verwickelnde Draht muß auf eine Holzrolle gespult sein, die man um einen Dorn mit einiger Reibung drehbar macht und handgerecht aufstellt. Es werden ungefähr 85 m Draht im Preise von 2 M verbraucht.

Der so hergestellte Multiplikator gibt 1 cm Ausschlag bei einer Klemmspannung von $0,148 \cdot 10^{-3}$ Volt, bzw. mit einem Strom von $0,0195 \cdot 10^{-3}$ Amp. Sehr günstig ist der

Umstand, daß dank der winzigen Nadellänge die Ausschläge bis zum 40. Skalenteil den Stromstärken genau proportional sind, von 40—50 nur um ein wenig zu klein ausfallen.

Es bleibt noch zu beachten, daß die Empfindlichkeit von Nadelinstrumenten mit Hilfe eines Richtmagneten in weiten Grenzen leicht und schnell vergrößert oder verringert werden kann, wobei unser Instrument noch eine besondere Bequemlichkeit bietet. Man braucht nur einen längeren Stabmagneten quer über den Schlitten zu legen, am besten den Ständern P von hinten fest anliegend und durch federnde Blechwinkel in fester Lage gehalten. Man läßt zu dem Zweck in einer Eisenhandlung von einer Gußstahlstange mit rechteckigem Querschnitt, etwa $0,3 : 2,0$ cm, ein 25 cm langes Stück abhauen und magnetisiert es. Dieser Stab wird in der angedeuteten Weise hochkant auf dem Schlitten befestigt und so in seiner Längsrichtung verschoben, daß der Lichtzeiger vor wie nach auf Null einsteht. Soll die Richtkraft der Nadel vergrößert werden, so muß der Magnet mit dem Nordpole nach Süden liegen. Man hat der Nadel unter Verwendung des Multiplikators vorher den Ausschlag 40 erteilt und bringt nun den Ausschlag durch Heranschieben des Schlittens auf 20 . . . 10 . . . 5 . . . 4 zurück, wobei man sich jedesmal versichert, daß die Nadel bei Stromunterbrechung auch richtig auf Null geht.

Bei umgekehrter Pollage des Richtmagneten wird die vorher auf eine niedrige Ziffer eingestellte Lichtmarke auf irgendein Vielfaches gebracht. Bei einer 5-fachen Steigerung der Empfindlichkeit ist die Nadelbewegung zwar so verlangsamt, daß auf eine Einstellung 20—25 Sekunden kommen, aber die Einstellung ist noch völlig scharf und treu. Bei dieser Empfindlichkeit bedeutet 1 cm Ausschlag $0,03 \cdot 10^{-3}$ Volt bzw. $0,004 \cdot 10^{-3}$ Amp.

Wenn man die Abstände des Richtmagneten als Abszissen und seine als Multipla der erdmagnetischen Richtkraft gezählten Richtkräfte als Ordinaten in ein Millimeternetz einzeichnet und die dadurch bestimmte Kurve zieht, so werden sofort auch die Einstellungen für jede Zwischenstufe der Empfindlichkeit ersichtlich.

Ganzzahlige Multipla der natürlichen Richtkraft können bei magnetometrischen Versuchen gelegentlich sehr wünschenswert sein; in der Galvanometrie hingegen ist eine Regulierung der Nadelempfindlichkeit auf bequeme Vielfache des Mikrovolt oder Mikroampere angezeigt. Unser Multiplikator, welcher so $19,5 \cdot 10^{-6}$ Amp. für den Skalenteil ergibt, gibt $5 \cdot 10^{-6}$, wenn die Richtkraft im Verhältnis $5/19,5 = 0,256$ herabgesetzt wird; der Richtmagnet liegt dann im Abstande 32,4 cm. Bei dieser Empfindlichkeit gibt z. B. der Strom einer Holzschen Influenzmaschine 5 cm Ausschlag; ein einziges Thermoelement aus Eisen- und Konstantandraht bewirkt für 1° Temperaturerhöhung 1,3 Skalenteile Ausschlag; ein Erdinduktor mit 200 Windungen von je 200 qm Querschnitt horizontal 6,4, vertikal 16,0 bei 2 Umdrehungen in der Sekunde. — Wenn man will, kann man die Empfindlichkeit auch bis aufs Doppelte hinauftreiben.

Das mit Ring, Multiplikator und Richtmagnet ausgerüstete Lichtzeigergalvanometer reicht für alle nur denkbaren Erfordernisse des Unterrichts und Laboratoriums aus. Es ist für Ströme jeder Größenordnung von 50 Amp. bis zum Mikroampere hinab geeignet und verfügt in jeder Ordnung über ein Meßbereich von 500 Einheiten, sowohl nach der positiven als negativen Seite. —

Was nun die Frage der bequemen Unterbringung des etwas sperrigen Instruments betrifft, so ist zu berücksichtigen, daß es außer der Nadel keine gegen Staub empfindlichen Teile besitzt. Deshalb hänge ich die Bank für gewöhnlich mittels einer am Lampenfuß befestigten Öse an der Wand auf und stelle nur die Nadel mit einer kleinen Glasglocke überdeckt in den Apparatschrank. In den Tagen häufigen Gebrauchs belasse ich die Nadel an ihrem Platz und stelle die Bank auf ein Wandbrett oder einen Vorbereitungstisch. Die abnehmbare Skala wird unter der Bank in Schlitten der Fußbretter untergebracht. Um das Instrument vom Wandbrett des

Apparatenzimmers in das Lehrzimmer zu holen und bis zum Einstehen der Lichtmarke gebrauchsfertig zu machen, bedurfte es durchschnittlich nicht mehr als 2 Minuten Zeit.

§ 3. Das Zubehör für die Bestätigung des Grundgesetzes $k = \frac{i \mu d l}{r^2} \sin \alpha$ besteht zunächst aus einem Ringe von nur 10 cm Durchmesser, der wie der 30 cm-Ring angefertigt, aber wie der Multiplikator auf einer Leiste befestigt wird, um in den Querschlitz eingeschoben zu werden. Konzentrisch mit dem großen Ringe gibt er dreimal größere Ausschläge. Man bringt mittels des Rheostaten den Ausschlag beim kleinen Ringe auf 30, dann gibt der große 10, beide hintereinander geschaltet, entweder im gleichen oder im entgegengesetzten Sinne, geben die Ausschläge 40 oder 20. Damit ist binnen einer Minute das Gesetz der Tangentenbussole und die Tatsache der algebraischen Überlagerung der Felder eindrucksvoll bestätigt.

Eine weitere Bestätigung des gleichen Gesetzes ergibt sich aus den zusammengehörenden Ziffern der beim Abrücken des Ringes eintretenden Abnahme seiner Wirkung auf die Magnettadel. Die beobachteten Ablenkungen stimmen gut überein mit den aus den Abständen berechneten.

Eine besondere Aufgabe bietet noch die schulmäßige theoretische und experimentelle Behandlung des in der Laplaceschen Formel enthaltenen Sinusgesetzes, das zwar bei der Tangentenbussole außer Betracht fällt, bei rechteckigen Multiplikatoren aber sehr wesentlich ist. Eine befriedigende Lösung dieser Aufgabe ist bislang nicht veröffentlicht worden; auch nicht für den von Biot und Savart behandelten Grenzfall der Wirkung unendlich langer linearer Ströme auf einen Magnetpol. An dieser Stelle kann, um den Zusammenhang nicht zu unterbrechen, hierauf nicht näher eingegangen werden; das bleibt einem besonderen Aufsatz vorbehalten. Jetzt handelt es sich nur um eine kurze Beschreibung der von mir in Verbindung mit dem geschilderten Instrumentarium zusammengebrachten Hilfsmittel zur experimentellen Bestätigung des fraglichen Grundgesetzes. Aus der transformierten Formel $k = \frac{J \mu}{r} \sin \varphi$, deren Sinn aus Figur 6 ersichtlich ist, ergeben sich besonders einfache Formeln für Quadrat und gleichseitiges Dreieck in bezug auf ihre Mittelpunkte. Man biegt aus Messingdraht von 2 mm Stärke einen Kreisring von 30 cm Durchmesser, sowie ein umschriebenes Quadrat und gleichseitiges Dreieck und vereinigt diese drei Leiter, so wie Fig. 7 es zeigt, mittels Isolierband, bei gegenseitiger Isolation. Dies

System kann mittels des Kreisrings auf die oben erwähnten Stifte in den Schlittenständern gespannt und in die Ebene der Lichtzeigeradel gebracht werden.

Nach der Theorie müssen sich ihre Wirkungen verhalten wie $2\pi : 4\sqrt{2} : 3\sqrt{3} = 50 : 45 : 41,5$.

Man läßt also den Strom zuerst durch den Kreis gehen und reguliert ihn auf 50. Leitet man ihn darauf durch Quadrat und Dreieck, so erfolgen mit großer Annäherung die Ausschläge 45 und 41,5.

Auch der Fall ist noch einfach und lehrreich, wenn das Quadrat herumgeklappt wird, so daß es den Kreis von unten berührt. Der Ausschlag sinkt dann auf 5,7.

Das Zubehör für Magnetometrie umfaßt zunächst eine in Fig. 8 sichtbare Meßleiste, 112 : 4 : 1 cm, die hochkant auf ein Holzprisma, 13 : 3 : 2 cm, gesetzt ist, mit dem sie in den Längsschlitz C (Fig. 1) geschoben werden kann. Um ihr eigenes Schweremoment und das auf sie gestellter Dinge aufzuheben, fertigt man sich einen passenden, unter ihr freies Ende zu stellenden, auf dem Fußboden stehenden Stützstab. Die

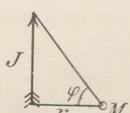


Fig. 6.

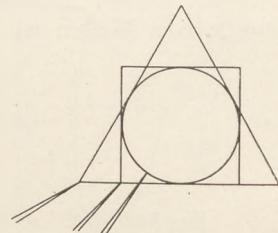


Fig. 7.

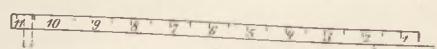


Fig. 8.

Leiste ist auf beiden Seiten mit Papier beklemt und mit einer gut sichtbaren Halbdezimeterteilung versehen. Auf der schmalen Oberkante erhält sie in genauer Übereinstimmung mit den Teilstichen 1,5 cm tiefe, 2,5 mm weite Bohrungen zum Einstellen der gleich zu erwähnenden Magnete. Die Oberkante liegt etwa 0,5 cm tiefer als die Nadelmitte. Es ist sorgfältig darauf zu achten, daß der Nullpunkt der Teilung genau mit der Nadeloberfläche zusammenfällt.

Außer dieser sind noch zwei nur 60 cm lange, sonst gleich ausgerüstete Leisten vorgesehen, welche, in die Querschlitzte geschoben, zu Messungen in II. Hauptlage dienen sollen.

Für die Ableitung des Coulombschen Grundgesetzes sind zwei lineare Magnete von 2 m Länge aus hartgezogenem Gußstahldraht von 2 mm Stärke bestimmt. Sie werden aus dem käuflichen, in Ringen gewickelten Drahte mittels des Hammers auf Holzunterlage gerade gerichtet. Zur besseren Handhabung wird einer dieser Stäbe in seinem mittleren Teile mittels Messingkrammen an einer 1,5 m langen Holzleiste von 1 cm im Quadrat befestigt, der andere wird ebenso an der Gegenseite des Stabes befestigt, aber etwas lockerer, so daß er unter einiger Reibung herausgezogen oder wieder eingeschoben werden kann.

L. 73
Die Stäbe werden dadurch magnetisiert, daß man sie durch eine ganz kurze, mit 200 Amperewindungen auf 1 cm betätigte Spule hindurchführt. Sie bekommen eine Polstärke von etwa 30 Einheiten und sind nur bis auf 8 cm von ihren Enden merklich magnetisch; ihre Pole liegen 2 cm vom Ende. Jeder einzelne Pol bewirkt in 40 cm Abstand an der Skala der Lichtzeigernadel etwa den Ausschlag 22, beide Stäbe vereint 44. Stärkere Stäbe würden also die Marke schon bei 50 cm Abstand über die Skala hinaustreiben.

Um die an und für sich schon sehr unbeträchtliche störende Wirkung des zweiten Pols gänzlich auszuschalten, wird der Stab so weit übergeneigt, daß der Fernpol senkrecht über die Nadel kommt.

Die Bestätigung des Coulombschen Gesetzes vollzieht sich mit dieser Einrichtung im Handumdrehen, ganz mechanisch. Man setzt den Doppelstab in die Löcher 10,5; 8,4; dann den einfachen in 8,4; 6,3. Die Ausschläge entsprechen den umgekehrten Quadraten der Abstände und sind beim Doppelstab doppelt so groß wie bei einem. Dutzende von mir notierte Beobachtungsreihen ergeben dies. Bei der letzten fanden wir:

	<i>r</i>	<i>a</i>		<i>r</i>	<i>a</i>
1.	80 cm	5,6	2.	100 cm	6,8
	40	22,2		50	27,8
	60	10,1		80	10,8
	30	39,2		40	43,0

Es hat sich gezeigt, daß man mit diesen dünnen Magnetstäben dank ihrer kurzen Polregion noch bis auf 30 cm Abstand hinabgehen kann. Bei größerer Annäherung muß das Coulombsche Gesetz versagen auf Grund des — Coulombschen Gesetzes. Um die Größe der Abweichung festzustellen, wurde mittels des Richtmagneten die Empfindlichkeit auf den achtten Teil herabgebracht. Nun ergab der Magnetpol bei 30, 20, 15, 10 cm Abstand die Ausschläge 4,9, 10,8, 18,4, 39,8. Demnach ist seine Wirkung in 10 cm Abstand um 11 % niedriger, als sie unter Voraussetzung eines Punktpoles gewesen wäre. Beiläufig bemerkt, wird die Abweichung, wenn zwei Pole wie bei der Stricknadelpolwage einander gegenübergestellt werden, noch größer sein. —

Zur Demonstration des Fernwirkungsgesetzes ganzer Magneten und zur Bestimmung der Horizontalintensität in absolutem Maß nach der Methode von Gauß dient ein rektangulärer Stab von den Abmessungen 10:1:0,6 cm, welcher senkrecht zur schmalen Fläche durchbohrt und mit Gewinde versehen ist zum Einschrauben

eines Hütchens oder eines Aufhängehakens. Für Ablenkungsbeobachtungen befestigt man in dem Loch einen kurzen Stift von 2 mm Dicke, mit dem der Stab in den erwähnten Löchern der Meßleisten festgestellt wird. Bei jeder Bestimmung, sei es in I. Hauptlage auf der Längsleiste, sei es in II. Hauptlage auf den Querleisten, wird der Magnet umgedreht und das Mittel aus den entgegengesetzten Ausschlägen genommen. So läßt sich das Gaußsche Gesetz sehr exakt und unglaublich schnell bestätigen. Eine Reihe von je 4 Doppelablesungen dauert kaum 2 Minuten.

Durch Verbindung der Ablenkungsbeobachtungen mit der Feststellung der Richtkraft ergibt sich in bekannter Weise die Horizontalintensität. Für mein Instrument ist sie 0,180. Diese Ziffer ergab sich unter Verwendung des Pendeldynamometers (vergl. meine Technik S. 223) auf 1% genau. In ihr steckt aber noch die Fadentorsion, welche in Anbetracht der Kürze des Fadens vielleicht nicht unerheblich ist. Sie läßt sich leicht bestimmen und vor der Klasse demonstrieren, indem man den Fuß der Nadelaufhängung nach Fortnahme des Lochdeckels einmal ganz herumdreht. Dann steht die Marke nicht mehr auf Null, sondern auf 7,9. Da der größte Ausschlag, nämlich 50, einer Nadeldrehung von $14,2^\circ$ entspricht, so beträgt die Korrektion für diesen Ausschlag $7,9 \cdot 14,2/360 = 0,31$ cm, also 0,62%. Demnach wäre die Horizontalintensität um einen Betrag zu verringern, der sich erst in der 4. Dezimale äußert. Übrigens ist als Galvanometer- und Magnetometerkonstante das unkorrigierte H zu nehmen. Nur beim Erdinduktor müßte der wahre Wert in Rechnung gesetzt werden.

Die beschriebene Magnetometereinrichtung kann schließlich noch vorteilhaft zu Versuchen über Koerzitivkraft und Permeabilität verwendet werden, wobei die in Fig. 9 abgebildete Spule nebst Zubehör sich als bequem und zweckmäßig erwiesen hat. Die Spule A wird durch ein Messingrohr von 15 cm Länge, 1 cm Innenweite und 1 mm Wandstärke, wie es durch jede Eisenhandlung bezogen werden kann, gebildet. Auf die Enden des Rohrs lötet man quadratische Scheiben von 4 cm Breite aus 1 mm starkem Messingblech. Zwei entsprechende 1 cm dicke Holzplatten C zum Tragen der Klemmschraubenpaare E, F und G, H werden durch Kopfschrauben mit den Scheiben verbunden. Ein etwas kleineres und geschwärztes Blech D ist auf der Röhrenmitte festgelötet. Die Wicklung aus 0,5 mm-Draht beginnt bei E ; das Ende der ersten Lage ist mit H verbunden; die zweite Lage geht von G aus zurück nach F . Während E und F für die Aufnahme der Poldrähte dienen, sind G und H durch den aus 2 mm starkem Messingdraht gebogenen Kompensationsring R verbunden, dessen Durchmesser in Wirklichkeit etwa 27 cm beträgt. Die Spule ist mittels der Einschnitte auf der Meßleiste Fig. 8 verschiebbar, wobei das Blech D ihren Standpunkt anzeigt. Für jeden Spulenort läßt sich R so vor- oder zurückstellen, daß die Nadel beim Durchleiten eines Stromes in Ruhe bleibt. Falls die Wirkung der Spule allein beobachtet werden soll, wird der Ring fortgenommen und durch einen kurzen Verbindungsdraht ersetzt.

Meine Spule enthält 404 Windungen, also 34 auf 1 cm. Ihr Widerstand beträgt bei Zimmertemperatur 1,6 Ohm. Die geringe Drahtdicke ermöglicht, so viele enge Windungen aufzubringen. Allerdings wird die Spule bei Dauerbelastung mit Strömen von über 4 Amp. sehr heiß werden. Aber es bedarf bei den Versuchen über Permeabilität und Koerzitivkraft nur 3 Sekunden langer, bei solchen über die Stärke des dauernden Magnetismus nur momentaner Stromstöße, so daß man auf 15 Amp.

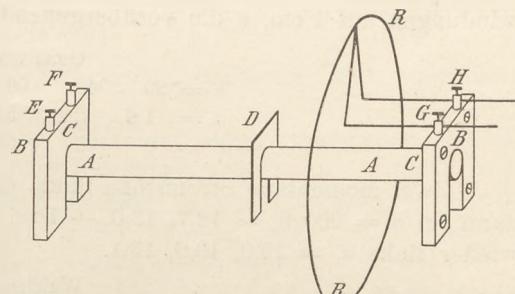


Fig. 9.

(600 Amp.-Windungen) gehen kann. Überdies wird die Wärme durch die Messingröhre und Messingplatten abgeleitet.

Als Versuchsobjekte dienen 10 cm lange, 5 mm dicke Rundstäbe aus Eisen und Stahl, die in jeder Eisenhandlung billigst zu beschaffen sind. Für den Unterricht genügen solche aus weichem Eisen, naturhartem, glashartem und angelassenem Stahl. Die Stäbe *K*, Fig. 10, erhalten in der Mitte eine gut sichtbare Marke. Um sie genau

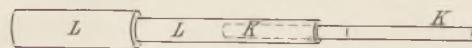


Fig. 10.

in die Mitte der Spule zu bringen, dient ein Holzzyylinder *L*, in dessen 5 mm weite und 40 mm tiefe axiale Bohrung die Stäbe mit einiger Reibung passen. Der Griff ist so abgesetzt, daß beim völligen Hineinschieben des Stabes in die Spulenhöhlung die Mitten der Probestäbchen genau in die Mitte der Spule fallen müßten, was sich durch Drauflegen leicht kontrollieren läßt.

Die auf die Längsleiste Fig. 8 gesetzte Spule wird zugleich mit einem Rheostaten und einem auch für Stromunterbrechung eingerichteten Kommutator in den Kreis einer mindestens 6zelligen Akkumulatorenbatterie gebracht. Außerdem kann auch ein geeigneter Demonstrationsampermesser eingeschaltet werden. Dieser ist indessen entbehrlich, da man aus der Rheostatenstellung die Stromstärke ersieht, nachdem man durch einige Vorversuche unter Miteinschaltung des Galvanometerringes die Beziehung zwischen Stromstärke und Vorschaltwiderstand ausgemittelt und graphisch dargestellt hat.

Der Abstand der Spule richtet sich nach der zu erwartenden magnetischen Kraft. In der Regel sind es 50 cm, bei welcher Stellung auch der bis zum Maximum magnetisierte Eisenstab die Lichtmarke nicht über die Skala hinaustreibt. Bei jeder wird der Kompensationsring so gestellt, daß die leere Spule keine Ablenkung hervorbringt.

Zur Erläuterung sei folgende Versuchsreihe mitgeteilt, deren Ausführung vor der Klasse nur 10 Minuten in Anspruch nimmt. Es bedeutet n die Zahl der Amperewindungen auf 1 cm, a die vorübergehende, a' die bleibende Ablenkung.

Gehärteter Stahl:					
$n = 20$	40	60	80	120	200
$a =$	1,6	3,2	5,3	9,6	22,1
$a' =$	0	0	0,2	2,0	9,8
					13,0

Zwei momentane Stromstöße links, d. h. in der umgekehrten Richtung, bewirken dann bei $n = 200$ $a' = 12,7, 13,0$. — Drei wieder rechts $a' = 12,8, 13,0, 13,0$. — Drei wieder links $a' = 12,8, 13,0, 13,1$.

Weiches Eisen:			
$n = 30$	60	100	200
$a =$	12,1	23,2	37,0
$a' =$	0,7	0,7	0,7

Es ist hier nicht der Ort, weiter auf diese Klasse von lehrreichen und praktisch wichtigen Tatsachen einzugehen. Es ist erstaunlich, was es mit dieser Apparatzusammenstellung alles zu beobachten gibt. Besonders interessante und teilweise neue Beobachtungen bietet die Koerzitivkraft des Stahls, die, ähnlich wie sein elastisches Verhalten, in eigenartigster Weise von der Vorbehandlung und allen möglichen äußeren und inneren Ursachen abhängt*).

*) Das im vorstehenden Aufsatz beschriebene Instrumentarium wird von der Firma MAX KOHL für 120 M angefertigt.

Ein neuer Galvanometer-Nebenschluß.

Von

Karl Kommerell in Stuttgart.

Will man in ein Galvanometer nur Bruchteile des zu messenden Stromes senden, so pflegt man parallel zum Instrument einen Nebenschluß von $1/9$ bzw. $1/99$, $1/999$ etc. des Galvanometerwiderstandes zu schalten, so daß dann durch das Galvanometer nur $1/10$ bzw. $1/100$, $1/1000$ etc. des Meßstromes fließt. Diese Art der Empfindlichkeitsänderung bringt aber verschiedene Nachteile mit sich. Einmal ist bei den verschiedenen Nebenschlüssen der dem Hauptstrom durchs Galvanometer dargebotene Widerstand immer wieder ein anderer, so daß die zu messende Stromstärke durch das Umstöpseln sich ändert. Für feinere Messungen kommt außerdem in Betracht, daß auch die Dämpfungskonstante dabei sich ändert. Ganz besonders nachteilig ist aber, daß die Widerstände $1/999$ und gar $1/9999$, weil sie in der Regel sehr klein sind, sehr schwer herstellbar sind, und, daß die Stöpselfehler (der Übergangswiderstand eines Stöpsels kann bis zu 0,0002 Ohm betragen!) so stark in Betracht kommen, daß nicht mehr angegeben werden kann, welcher Bruchteil des Stromes durchs Meßinstrument fließt. Praktisch wird man daher auf diese Weise kaum in der Lage sein, die Empfindlichkeit des Galvanometers mehr als auf den 1000. Teil (genau!) herabzusetzen, und bei einem einigermaßen empfindlichen Galvanometer wird es daher unmöglich sein, Ströme von der Stärke eines Milliampere zu messen. Für viele Fälle und namentlich auch für Unterrichtszwecke ist es aber sehr erwünscht, nicht bloß Ströme von der Größenordnung eines Milliampere, sondern von vielen Ampere mit dem Galvanometer messen zu können. Erst so wird das Instrument ganz ausgenützt. Gerade bei den Stufen 10^{-3} bis 10^{-7} , die man bei empfindlicheren Galvanometern am meisten braucht, versagt der übliche Nebenschluß, während die Stufen 10^{-1} und 10^{-2} mir ziemlich entbehrlich erscheinen; jedenfalls kann man sich in den paar Fällen, in denen man diese Stufen braucht, leicht durch Vorschaltwiderstand helfen.

Zusammenfassend möchte ich daher für einen brauchbaren Galvanometerneben-
schluß folgende Forderungen aufstellen:

1. Der dem Hauptstrom durch den Nebenschluß dargebotene Widerstand muß konstant und klein sein.
2. Damit das Galvanometer konstante Dämpfung zeigt, muß auch der im Galvanometerzweig liegende Widerstand konstant sein.
3. Die Empfindlichkeit des Galvanometers muß in gleichmäßigen nicht zu großen Zwischenstufen herabgesetzt werden können.
4. Die Abstufungen der Empfindlichkeit müssen genau sein.
5. Der Nebenschluß muß gestatten, Ströme jeder Größenordnung gleich genau messen zu können.
6. Die Änderungen der Empfindlichkeit müssen rasch und übersichtlich vollzogen werden können.

Da keiner der mir bekannten Nebenschlüsse allen diesen Forderungen genügt, so möge es mir gestattet sein, in den folgenden Zeilen einen derartigen Apparat zu beschreiben.

In Fig. 1, die schematisch die Schaltung wiedergeben soll, gehe von der Stromquelle E ein Strom nach A_4 über den Widerstand u_4 nach B_4 und zurück zum Element. Zu dem Draht $A_4 B_4$ ist parallel die Leitung $A_4 A_3 B_3 B_4$, bestehend aus den Widerständen w_3, u_3, v_3 , gelegt. Zu $A_3 B_3$ liegt $A_3 A_2 B_2 B_3$ im Nebenschluß usw. In den Nebenschlußwiderständen findet nun ein Spannungs-

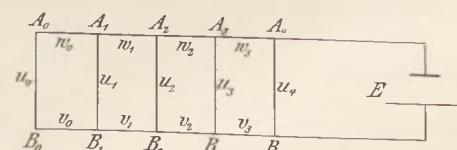


Fig. 1.

abfall statt, der natürlich von der Wahl der Widerstände abhängt. Wir bestimmen nun die Widerstände so, daß, wenn zwischen A_4 und B_4 die Potentialdifferenz E_4 herrscht, dieselbe zwischen $A_3 B_3 = E_4 \cdot 10^{-1}$, zwischen $A_2 B_2 = E_4 \cdot 10^{-2}$ etc. ist. Da hiernach eine Abstufung der Spannung nach ganzzahligen Potenzen von 10 stattfindet, so wollen wir den Nebenschluß, um einen kurzen Namen zu haben, Potenznebenschluß nennen. An eins der Punktpaare (in allgemeiner Bezeichnung A_i und B_i) werden nun die Enden der Galvanometerleitung angelegt.

Bestimmung der Widerstände¹⁾.

Die zwei Punkte $A_1 B_1$ sind einmal verbunden durch den Draht u_1 , dann durch den Draht mit dem Widerstand $v_0 + u_0 + w_0$. Man kann sich nun die zwei Punkte durch einen einzigen Draht mit dem Widerstand ξ_1 verbunden denken, ohne daß die Potentialdifferenz E_1 zwischen A_1 und B_1 sich ändert. Ebenso können die parallel geschalteten Widerstände u_2 und $v_1 + \xi_1 + w_1$, welche die Punkte $A_2 B_2$ verbinden, durch einen einzigen Widerstand ξ_2 ersetzt werden, ohne daß die Potentialdifferenz E_2 zwischen A_2 und B_2 eine Änderung erfährt usw. Man hat dann bekanntlich:

$$\left. \begin{aligned} \xi_1 &= \frac{1}{u_0 + v_0 + w_0} + \frac{1}{u_1}; & \frac{1}{\xi_2} &= \frac{1}{\xi_1 + v_1 + w_1} + \frac{1}{u_2}; \\ \xi_3 &= \frac{1}{\xi_2 + v_2 + w_2} + \frac{1}{u_3}; & \frac{1}{\xi_4} &= \frac{1}{\xi_3 + v_3 + w_3} + \frac{1}{u_4}. \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad 1)$$

Wir setzen nun

$$v_0 + w_0 = 9u_0; \quad v_1 + w_1 = 9\xi_1; \quad v_2 + w_2 = 9\xi_2; \quad v_3 + w_3 = 9\xi_3. \quad \dots \quad 2)$$

Dadurch bewirken wir, daß die zwischen $A_0 B_0$ herrschende Potentialdifferenz $E_0 = 1/10 E_1$ ist, wobei E_1 die entsprechende Größe für $A_1 B_1$ ist, und allgemein, in leichtverständlicher Bezeichnung, daß

$$E_{i-1} = \frac{E_i}{10} \quad \dots \quad 3)$$

ist. Legt man nun das Galvanometer mit dem Widerstand γ an A_i bzw. B_i an, so bilden γ und ξ_i einen Nebenschluß, dadurch wird natürlich im allgemeinen E_i sofort geändert, und ebenso ändern sich auch die Stromstärken in den verschiedenen Zweigen. Wählt man aber die Widerstände so, daß die ξ_i sehr klein im Vergleich zu γ werden, so werden sich die Potentialdifferenzen und Stromstärken so wenig ändern, daß ihre Änderungen vernachlässigt werden können. Ist z. B. ξ_i von der Größenordnung $\frac{\gamma}{1000}$, was wir im folgenden annehmen, so zeigt eine leichte Überlegung, daß sich E_i nach Anlegung des Galvanometers an A_i und B_i um $\sim 1/10\%$ ändert. [Will man noch größere Genauigkeit, so schalte man in den Galvanometerzweig einen passend großen Widerstand W ; durchs Galvanometer fließt dann gegen vorher ein im Verhältnis $\frac{\gamma}{\gamma + W}$ schwächerer Strom.] Legt man das Galvanometer statt an A_i und B_i an A_{i-1} und B_{i-1} , so fließt wegen 3) durchs Instrument ein zehnmal schwächerer Strom. Aus 1) und 2) folgt

$$\frac{1}{\xi_1} = \frac{1}{10u_0} + \frac{1}{u_1}; \quad \frac{1}{\xi_2} = \frac{1}{10\xi_1} + \frac{1}{u_2}; \quad \frac{1}{\xi_3} = \frac{1}{10\xi_2} + \frac{1}{u_3}; \quad \frac{1}{\xi_4} = \frac{1}{10\xi_3} + \frac{1}{u_4}, \quad 4)$$

und hieraus:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\xi_1} &= \frac{10^{-1}}{u_0} + \frac{1}{u_1}; & \frac{1}{\xi_2} &= \frac{10^{-2}}{u_0} + \frac{10^{-1}}{u_1} + \frac{1}{u_2}; \\ \frac{1}{\xi_3} &= \frac{10^{-3}}{u_0} + \frac{10^{-2}}{u_1} + \frac{10^{-1}}{u_2} + \frac{1}{u_3}; & \frac{1}{\xi_4} &= \frac{10^{-4}}{u_0} + \frac{10^{-3}}{u_1} + \frac{10^{-2}}{u_2} + \frac{10^{-1}}{u_3} + \frac{1}{u_4}. \end{aligned} \right\} \quad 5)$$

¹⁾ Wir beschreiben im folgenden speziell einen Nebenschluß, der bis 10^{-7} geht; für die meisten Fälle mag das genügen. Indessen geht aus dem Text selbst hervor, daß man ebensogut bis 10^{-8} oder 10^{-9} etc. gehen kann.

Der Einfachheit halber setzen wir nun die u alle einander gleich, also

$$u_i = u, \quad (i = 0, 1 \dots 4) \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad 6)$$

und erhalten jetzt aus 5) und 6)

$$\xi_1 = \frac{u}{1,1}; \quad \xi_2 = \frac{u}{1,11}; \quad \xi_3 = \frac{u}{1,111}; \quad \xi_4 = \frac{u}{1,1111} \quad \dots \dots \dots \quad 7)$$

und aus der letzten Gleichung praktisch genau

$$\xi_4 = \frac{9}{10}u \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad 8)$$

Wir setzen endlich willkürlich

$$\xi_4 = \frac{\gamma}{999} \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad 9)$$

Dadurch wird bewirkt, daß durch das an $A_4 B_4$ angelegte Galvanometer genau der 1000. Teil des von der Stromquelle kommenden Gesamtstromes J fließt. Der Nebenschluß gestattet so, die Stufen 10^{-3} bis 10^{-7} anzuwenden. Aus 6), 8) und 9) folgt jetzt

$$u_i = u = \frac{10}{9} \cdot \frac{\gamma}{999} = 0,001112\gamma \quad \dots \dots \dots \dots \quad 10)$$

Damit sind die Widerstände u_i bestimmt. Ist γ sehr klein, so empfiehlt es sich, dem Galvanometerwiderstand einen passenden Widerstand hinzuzufügen, der in den Nebenschluß eingebaut werden kann. Für γ wäre in 10) dann die Summe dieser zwei Widerstände einzuführen. Die Beifügung eines solchen Widerstandes kann auch aus Dämpfungsrücksichten geboten sein; man hat dabei, wie unten ausgeführt werden soll, noch den Vorteil, daß man so einfach auch die Stufe 10^{-2} erreichen kann.

Wir bemerken noch ausdrücklich, daß ξ_4 der Widerstand ist, den der Nebenschluß dem Hauptstrom darbietet: Er ist (praktisch) konstant und sehr klein (Forderung 1).

Es handelt sich noch um die v_i und w_i . Zu diesem Zwecke setzen wir

$$v_i = 2w_i \quad \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad 11)$$

wodurch wir noch eine feinere Abstufung in den Empfindlichkeitsänderungen erhalten. Ist nämlich die zwischen $A_4 B_4$ herrschende Potentialdifferenz E_4 , so ist dieselbe jetzt (nach (2) und (11) zwischen $A_3 B_4 = 0,7E_4$, zwischen $A_4 B_3 = 0,4E_4$ und endlich zwischen $A_3 B_3 = 0,1E_4$. Man hat also die Abstufungen $E_4; 0,7E_4; 0,4E_4; 0,1E_4 = E_3; 0,7E_3; 0,4E_3$ etc. Damit ist auch die Forderung 3 erfüllt. Aus 2), 7) und 11) folgt jetzt

$$w_0 = 3u; \quad w_1 = \frac{3u}{1,1}; \quad w_2 = \frac{3u}{1,11}; \quad w_3 = \frac{3u}{1,111}; \quad w_4 = \frac{3u}{1,1111} \quad \dots \quad 12)$$

Hieraus ergeben sich die w_i und dann aus 11) die v_i , womit alle Widerstände bestimmt sind.

Beschreibung des Nebenschlusses.

Im folgenden (vergl. Fig. 2) möge ein Nebenschluß beschrieben werden, der zu meinem Deprez-Galvanometer (Empfindlichkeit: 1 Skalenteil = $1,35 \cdot 10^{-8}$ Ampere bei 1000 Teilen Skalenabstand) von der Firma M. KOULL, Chemnitz, konstruiert worden ist. Er enthält die Stufen 10^{-2} bis 10^{-7} . Da die Galvanometerspule kurz geschlossen aperiodisch sehr langsam die Ruhelage aufsucht, so wurde dem Galvanometerwiderstand

$$G = 14,97 \text{ Ohm}$$

der Widerstand

$$\gamma' = 136,05$$

hinzugefügt und der Nebenschluß für den Widerstand

$$\gamma = G + \gamma' = 151,02$$

berechnet. Nach ein paar Schwingungen ist so die Ruhelage erreicht. Die Formeln haben folgende Werte für die Widerstände ergeben:

$$u = 0,168; \quad u_0 = 0,504; \quad w_1 = 0,458; \quad w_2 = 0,454; \quad w_3 = 0,454$$

$$v_0 = 1,008; \quad v_1 = 0,916; \quad v_2 = 0,908; \quad v_3 = 0,907$$

$$\xi_4 = 0,151 = \frac{G}{99}.$$

Daß ξ_4 genau $= \frac{G}{99}$ wurde, konnte durch passende Wahl von γ' erreicht werden.

Wir kommen sogleich darauf zurück. Die Widerstände (Manganin) sind, um die Verbindungen leicht übersehen zu können, offen auf einer Marmortafel angeordnet

und zu den Knöpfen A_i B_i geführt (s. auch Fig. 3). Diese sind als Kontakte ausgebildet, auf welchen die Kurbeln I und II schleifen. Die Klemmen A_4 und B_4 stehen durch Drahtleitungen mit den Anschlußklemmen H_1 H_2 in Verbindung, an welche die Stromquelle angelegt wird. B_4 ist mit H_2 unmittelbar verbunden, A_4 mit H_1 durch den Kontakt D_4 und die Kurbel III, welche ein Abschalten der Stromquelle ermöglicht, wenn die Kurbel III auf Kontakt D_5 gestellt wird. Die Kurbeln I und II sind mit den Klemmen G_1 und G_2 verbunden, und an diese wird das Galvanometer angeschlossen. Zwischen die Kurbel I und G_1 ist der obengenannte Widerstand $\gamma' = 136,05$ Ohm aus- und einschaltbar eingebaut, wobei γ' in der Regel eingeschaltet bleibt. Stehen die Kurbeln der Stellung $A_1 B_1$ der 10^{-7} . Teil etc. des Gesamtstromes durchs Galvanometer. In der Stellung $A_2 B_1$ der $4 \cdot 10^{-6}$. Teil des Stromes, also bezüglich 7mal bzw. 4mal mehr als in der Stellung $A_1 B_1$, durch das Instrument und analog in den andern Stellungen der Kurbeln. Mit der Kurbel II wird also die Roheinstellung, mit der Kurbel I die

Feineinstellung bewirkt, was sich rasch und übersichtlich vollzieht¹⁾. Die Übergangswiderstände bei den Kurbeln, die ja an sich schon kleiner als bei den Stöpseln sind, kommen gegenüber dem großen Widerstand γ absolut nicht in Betracht. Stehen die Kurbeln auf $A_4 B_4$, so fließt der 10^{-3} . Teil des Hauptstromes durchs Galvanometer. Der oben genannte Widerstand γ' ist nun so bemessen, daß nach seinem Ausschalten bei

Fig. 2.

auf $A_0 B_0$, so fließt der 10^{-7} . Teil, in der Gesamtstromes durchs Galvanometer. In der Stellung $A_1 B_2$ fließt der $7 \cdot 10^{-6}$. in der Stellung $A_2 B_1$ der $4 \cdot 10^{-6}$. Teil des Stromes, also bezüglich 7mal bzw. 4mal mehr als in der Stellung $A_1 B_1$, durch das Instrument und analog in den andern Stellungen der Kurbeln. Mit der Kurbel II wird also die Roheinstellung, mit der Kurbel I die

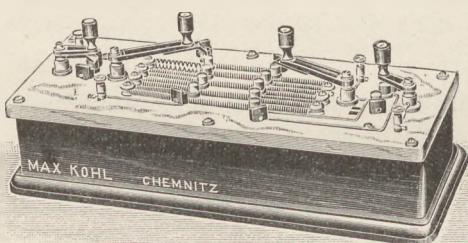


Fig. 3.

derselben Kurbelstellung der 10^{-2} . Teil des Stromes durchs Instrument fließt. Ist jetzt der Ausschlag noch zu klein, so stelle man Kurbel I vollends auf A_5 , Kurbel III auf D_5 , worauf das Galvanometer direkt an der Stromquelle liegt. Wäre jetzt der Ausschlag zu groß, so kann man γ' wieder einschalten. Damit ist offenbar auch für die niederen Stufen genügend gesorgt. Damit nie zu starker Strom durchs Galvano-

¹⁾ Ich unterlasse nicht, darauf hinzuweisen, daß durch passendes Hin- und Herrücken der Kurbel I die Galvanometerspule sehr rasch ihrer Ruhelage zugeführt werden kann.

meter fließt, gewöhne man sich daran, die Kurbeln I und II nach jeder Messung nach $A_0 B_\infty$ zu stellen. Der Draht u_4 ist so stark gewählt, daß er 15 Ampere (vorübergehend auch mehr), die Drähte $u_3 v_3 w_3$ so, daß sie 1,5 Ampere ohne merkliche Erwärmung aushalten können. Will man noch stärkere Ströme messen, so messe man, wie üblich, auf die unten anzugebende Art die Potentialdifferenz an den Enden eines bekannten, in den Starkstrom eingeschalteten Widerstandes. An die Stelle D_4 ist Amp. ange- schrieben, da in dieser Stellung der Kurbel III das Galvanometer Amperemeter ist. Sein Meßbereich geht von 15 Ampere bis 10^{-8} und ist als ungeheuer zu bezeichnen (Forderung 5). Um rasch auch alle im Unterricht vorkommenden Spannungen messen zu können, habe ich zwischen die Knöpfe D_3 und D_4 einen Widerstand von $a = 1000 - \xi_4 = 999,85$ Ohm einbauen lassen. Steht die Kurbel III auf D_3 , wo die Auf- schrift Volt steht, so sind in den Hauptstromkreis 1000 Ohm eingeschaltet. Um jetzt die Spannung der angelegten Stromquelle in Volt zu erhalten, braucht man nur die vom Galvanometer angegebene Amperezahl mit 1000 zu multiplizieren. Man kann so Spannungen bis zu 100 Volt und darüber bequem und sicher messen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß ein empfindlicheres mit einem Potenzneben- schluss ausgerüstetes Galvanometer alle anderen Strommeßapparate, als da sind Volt- meter, Amperemeter, Millivoltmeter, Milliamperemeter etc., vollständig entbehrlich macht.

Selbstverständlich sind die Widerstände a und γ' auch zu entbehren und können durch Rheostatenwiderstand ersetzt werden. Der Nebenschluß kann entweder auf den Tisch zur Hand des Experimentators gestellt oder an die Wand gehängt werden.

Verwendung des Nebenschlusses.

Zunächst stelle man fest, inwieweit die Galvanometerausschläge proportional der Stromstärke sind. Zu diesem Zweck lege man in den Hauptstromkreis eine konstante Stromquelle und einen veränderlichen Widerstand. Die Stromstärke ist dann dem Gesamtwiderstand (Element + Rheostat + ξ_1) umgekehrt proportional. Von diesem Strom läßt man mit Hilfe des Nebenschlusses immer denselben Bruchteil durchs Galvanometer und kann dann durch Veränderung des Rheostatenwiderstandes leicht und schnell den Bereich, bis zu dem Proportionalität reicht, ermitteln. Für Unterrichtszwecke kann man vom Elementwiderstand und, wenn man will, auch von ξ_4 absehen, wenn man den Rheostatenwiderstand stets reichlich 100mal größer als beide Widerstände zusammen nimmt. Für den soeben beschriebenen Nebenschluß nehme man z. B. einen Akkumulator und schalte 40, 80, 120 und 160 Ohm ein und beobachte die entsprechenden Ausschläge. Ist bei 160 Ohm der Ausschlag 4mal kleiner als bei 40 Ohm, so hat man bis jetzt den Bereich der Proportionalität noch nicht verlassen. Jetzt mache man das Galvanometer 4mal empfindlicher und schalte statt 160 Ohm wieder 120, 80 und 40 Ohm ein etc. Es lohnt sich, die Skala ein für allemal ganz durchzueichen, um auch größere Ausschläge auf proportionalen Aus- schlag reduzieren zu können. Nun bestimmt man den Reduktionsfaktor des Galvanometers, indem man in den Hauptstromkreis ein Voltmeter oder eine Tangentenbussole mit bekanntem Reduktionsfaktor einschaltet. Es hat jetzt keine Schwierigkeit, auszurechnen, welche Stromstärke im Hauptstromkreis beim Galvanometer 1 Skalenteil Ausschlag hervorbringt, falls die Kurbeln auf $A_0 B_0$ stehen. Es ist nun außerordentlich bequem, sich eine Skala zu zeichnen, bei der jedem Teilstrich 1 Ampere im Hauptstrom entspricht, falls die Kurbeln auf $A_0 B_0$ stehen. Sind die Kurbeln auf $A_1 B_1$, so bedeutet jetzt jeder Skalenteil Zehntel, bei $A_2 B_2$ Hundertel Ampere etc. Bei Instrumenten freilich, die keine konstante Empfindlichkeit haben, ist der Reduktionsfaktor von Zeit zu Zeit von neuem zu bestimmen, auch wäre es hier erwünscht, die Skala gegenüber dem Galvanometer in engen Grenzen verschieben zu können.



Jetzt ist es natürlich sehr leicht, mit dem Galvanometer irgend ein Strominstrument, sei es nach Volt, Ampere oder Milliampere etc., zu eichen bzw. geeichte Instrumente zu kontrollieren, was viele von ihnen, selbst wenn sie den hochtrabenden Namen „Präzisionsinstrument“ an der Stirne tragen, oft sehr notwendig haben.

Bei allen Nullmethoden wie Messungen an der Brücke oder bei Kompensationsmessungen ist es unmöglich und für ein feineres Galvanometer gefährlich, die Nullage durch direktes Einschalten des Galvanometers zu ermitteln. Durch den Nebenschluß mache man das Galvanometer unempfindlich, suche die ungefähre Ruhelage und gehe dann immer zu empfindlicheren Stufen über.

Der Potenznebenschluß kann offenbar für das Galvanometer als Stromquelle angesehen werden, und zwar können durch ihn beliebig kleine Potentialdifferenzen von bekannter Größe erzeugt werden. Denn aus der Stromstärke des Hauptstromes erhält man mit Leichtigkeit die Zahlenwerte für die Potentialdifferenzen an den Punkten A_i und B_i . In allen Fällen also, wo man sehr schwache Ströme braucht, wie z. B. bei der Bestimmung des Widerstandes oder Reduktionsfaktors eines Galvanometers wird man mit Vorteil den Nebenschluß als Stromquelle verwenden können. Es kann nicht unsere Absicht sein, hier alle die Versuche, bei denen der Nebenschluß gebraucht werden kann, anzuführen, wie Nachweis des Ohmschen Gesetzes, Messung des Leitungswiderstandes etc. Man möge hierzu etwa Weinholds physikalische Demonstrationen vergleichen. Nur ein paar Beispiele mögen noch gegeben werden, wo die Änderung des Meßbereichs besonders geschickt erscheint. Man will z. B. die Widerstände eines Kohärs im gefritteten und entfritteten Zustande oder die Widerstände einer Selenzelle im Hellen und Dunkeln vergleichen. Zu diesem Zwecke schalte man den Kohärer mit einer elektromotorischen Kraft zwischen H_1 und H_2 , bestrehe den Kohärer und stelle die Kurbeln I und II so, daß ein passender Ausschlag entsteht. Nach dem Entfritten muß man nun je nach der Natur des Kohärs das Galvanometer 100, 400 oder 1000 mal empfindlicher machen, um ungefähr denselben Ausschlag zu erhalten. Selbstverständlich wird man nicht versäumen, aus den gemessenen Stromstärken den Widerstand in beiden Fällen direkt in Ohm zu bestimmen. Analog verfährt man mit einer Selenzelle. Man kann so nicht bloß diese Wirkungen demonstrieren, sondern auch rasch und zuverlässig die Güte und Brauchbarkeit eines Kohärs oder einer Selenzelle prüfen. Ähnlich kann man vorgehen, um den Widerstand einer Glühlampe im heißen und kalten Zustande zu erhalten. Es handle sich z. B. um eine 100 Volt-Lampe. Durch Einschalten des Potenznebenschlusses in den Stromkreis der leuchtenden Lampe ermittle man die Stromstärke und hieraus den Widerstand. Jetzt schalte man die 100 Volt aus und dafür ein Daniell von 1 Volt ein, zugleich mache man das Galvanometer 100 mal empfindlicher. Der Ausschlag wird jetzt trotzdem kleiner sein; ist er z. B. nur die Hälfte des ersten, so ist der Widerstand der kalten Lampe noch einmal so groß als der der heißen. Mit Hilfe eines Kommutators, der das Auswechseln der Stromquellen ermöglicht, vollzieht sich der Versuch sehr rasch. Der Nebenschluß wird in zwei Typen gebaut: 1. Als Demonstrationsapparat nach Art technischer Widerstände, offen montiert, wie oben beschrieben wurde. 2. Als Präzisionsnebenschluß; die Widerstände sind sehr genau justiert und in einen Kasten eingebaut¹).

¹) Die Lieferung des Nebenschlusses (G. M. S. Nr. 342691) hat die Firma M. KOHL in Chemnitz übernommen.

Quantitative gasvolumetrische Analysen und Synthesen im Unterrichte.

Von

P. Rischbieth in Hamburg.

Vor einigen Jahren habe ich in dieser Zeitschrift¹⁾ eine Reihe von gasvolumetrischen Schul- und Vorlesungsversuchen beschrieben, welche den Zweck hatten, die nicht sehr große Zahl der vorhandenen brauchbaren, d. h. vor allem leicht ausführbaren quantitativen chemischen Unterrichtsversuche zu vermehren und die Fachlehrer hinzuweisen auf die außerordentlichen Vorteile, welche die Verwendung der Gasbürette in einer der BUNTESCHEN ähnlichen Form für die Ausführung quantitativer Gasversuche darbietet. Gelegentlich der Hamburger Naturforscherversammlung im Jahre 1902 sowie der Pfingstversammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in Mathematik und Naturwissenschaften in Düsseldorf im Jahre 1903 habe ich Veranlassung genommen, eine Anzahl solcher Versuche den erschienenen Fachgenossen vorzuführen, um die leichte Ausführbarkeit und die Eleganz dieser Experimente durch die unmittelbare Anschauung evident zu machen. Seither ist die Gasbürette in vielen Schulauditorien gern benutzter Apparat geworden. Um ihre Verbreitung noch zu fördern, beschreibe ich im folgenden eine weitere Anzahl von quantitativen Gasversuchen, die natürlich an sich nicht alle neu sind, die aber mit Hilfe der Gasbürette leicht und schnell ausgeführt werden können.

Die Synthese des Wassers.

Zu diesem Versuche kann entweder eine Gasbürette der früher beschriebenen Form mit eingeschmolzenen Platindrähten benutzt werden, also ein Eudiometer, oder besser eine Hempelsche Explosionspipette, wie sie in der Analyse der Gase verwandt wird, und wie sie zur Ausführung weiterer wichtiger Versuche Benutzung findet. Die Einrichtung der Explosionspipette ergibt sich ohne weiteres aus beifolgender Fig. 1. C ist die Explosionskugel mit den eingeschmolzenen Platindrähten, an die rechts eine ab- und aufwärtsgebogene Kapillare angeschmolzen ist wie bei den bekannten Gaspipetten nach Hempel. Unter C befindet sich ein Glashahn mit weiter Bohrung, D ist eine Niveaumenge für die Gasbürette hat sich bei längerem Gebrauch ein etwa 70 cm langes in einem Holzfuß befestigtes und unten mit Ansatzrohr für den Schlauch versehenes Glasrohr B bequemer erwiesen als die früher benutzte Niveaumenge. Zur Ausführung des Versuches füllt man die Gasbürette mit destilliertem Wasser von Zimmertemperatur, indem man bei geöffneten Hähnen das

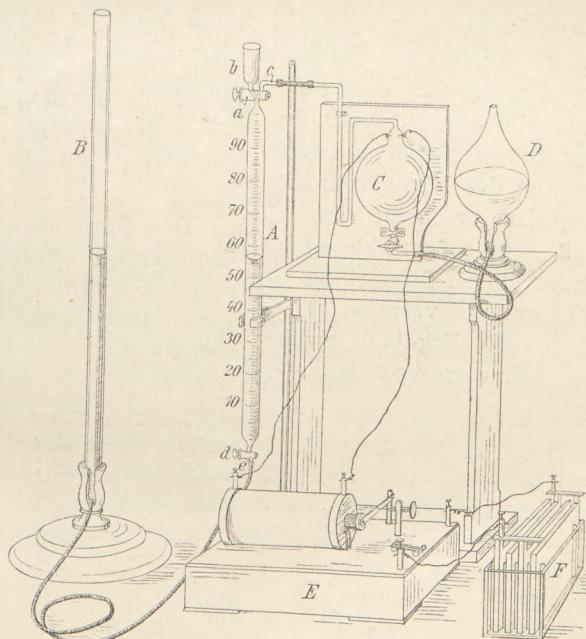


Fig. 1.

¹⁾ Ds. Zeitschr. XV, 1902, S. 74 ff.

Wasser in das mit der Bürette unten verbundene Niveaugefäß gießt. Nunmehr führt man reinen Sauerstoff in die Bürette über. Befindet sich dieser in einem Gasometer beliebiger Form, so drückt man einen über den Auslaßhahn geschobenen Gummischlauch an seinem Ende mit 2 Fingern zu, öffnet den Hahn und läßt durch Lüften der Finger die Luft im Schlauch durch Sauerstoff verdrängen. Jetzt schiebt man das Schlauchende über die Ansatzröhre *c* der Bürette und öffnet die Hähne. Nachdem ca. 60 ccm Sauerstoff in die Bürette gelangt sind, schließt man den oberen Hahn, bringt die Niveaus in Bürette und Niveaugefäß in eine Horizontal ebene und liest ab. Den Bürettenstand verzeichnet man sofort in der zweiten Kolumne einer kleinen Tabelle an der Wandtafel. Nun vertauscht man den Sauerstoffbehälter mit einem Kippschen Wasserstoffapparat, verdrängt die Luft in dem Ableitungsschlauch in ähnlicher Weise wie oben, aber bei abwärtsgehaltenem Schlauch durch Wasserstoff und streift den an seinem Ende fest zusammengedrückten Schlauch über die Ansatzröhre der Bürette. Jetzt senkt man das Niveaurohr möglichst tief und läßt bei nur ganz wenig geöffnetem Bürettenhahn ca. 20 ccm Wasserstoff in die Bürette einströmen. Nach dem Ablesen und Notieren des Bürettenstandes verbindet man das Ansatzrohr der Bürette mit der Explosionspipette, an deren Kapillare sich ein kurzes rechtwinklig gebogenes Kapillarrohr befindet. Es ist durchaus notwendig, daß die kurzen Schlauchenden, die das gebogene Rohr mit der Explosionspipette und mit der Glasbürette verbinden, aus bestem Kautschuk und durch Drahtligaturen wohl befestigt sind, da sonst bei der Explosion unfehlbar das Rohr aus dem Schlauch herausgedrückt wird. Unter Heben des Niveaurohres läßt man das Gasgemisch in die Explosionspipette einströmen und schließt den unter der Explosionskugel befindlichen Hahn und eine Schlauchklemme zwischen Bürette und Pipette. Die Entzündung des Gasgemisches bewirkt man zweckmäßig durch den Funken eines kleinen Induktionsapparates *E*, der durch eine Akkumulatorzelle *F* betrieben wird. Eine schwache Feuererscheinung und ein kaum hörbares Geräusch verraten den chemischen Vorgang. Vorheriges Schütteln der Pipette zwecks Mischung der Gase ist nicht notwendig. Als bald nach der Vereinigung der Gase öffnet man den Pipettenhahn, wobei man die Verringerung des Gasvolums deutlich wahrnimmt, den Quetschhahn und den Bürettenhahn und führt das restierende Gas in die Bürette zurück durch einfaches Senken des Niveaurohres. Man wartet, bis die Flüssigkeit der Pipette oben in der Kapillare erscheint. Das Gas kühlt sich in der feuchten Kapillare genügend ab, so daß man sofort ablesen kann. Den Bürettenstand verzeichnet man in der Tabelle, findet durch Subtraktion die Kontraktion, welche, um das Volum des angewandten Wasserstoffs vermindert, den zur Wasserbildung benötigten Sauerstoff ergibt. Ich führe das Ergebnis zweier unmittelbar nacheinander ausgeführten — nicht etwa besonders ausgewählten — Versuche an:

	I.		II.	
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	Volum
O	35,0	65,0	35,0	65,0
H	12,9	22,1	10,7	24,3
Nach der Explosion . . .	45,8	—	47,0	—
Kontraktion	—	32,9	—	36,3
Darin H	—	22,1	—	24,3
Also O	—	10,8	—	12,0
O : H = 1 : 2,04.				
O : H = 1 : 2,02.				

Über das Verhältnis von einem Teil Wasserstoff auf etwa $2\frac{1}{2}$ Teile Sauerstoff zugunsten des Wasserstoffs hinauszugehen, ist nicht ratsam, da die Explosion schon bei dieser Mischung ziemlich heftig ist, wenn man auch nicht viel davon merkt. Ein Beweis dafür ist, daß der Gummischlauch an der Stelle, wo die Pipette und das Kapillarrohr zusammenstoßen, während der Explosion trotz der langen Kapillare der Pipette für einen Moment etwa auf das Vierfache seines gewöhnlichen Durchmessers

aufgetrieben wird. Ich benutze daher im Unterrichte stets, wenn es auch nicht gerade notwendig erscheint, eine Schutzscheibe aus Spiegelglas, die leicht in eine Nute am Rande der Bank, auf der die Pipette steht, einzusetzen ist. Der erste Versuch nimmt mit dem Aufbau des Apparates ca. 5 Minuten, die folgenden nur etwa 2–3 Minuten in Anspruch. Es ist klar, daß man auch mit überschüssigem Wasserstoff arbeiten kann und aus didaktischen Gründen auch arbeiten wird; dann wird man über 10 bis 12 ccm Sauerstoff auf 60–70 ccm Wasserstoff nicht hinausgehen. Hier wird ein etwaiger Fehler beim Ablesen auf das Resultat einen entsprechend größeren Einfluß ausüben als im ersteren Falle.

Anstatt die Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff durch den Induktionsfunk herbeizuführen, kann man sich auch einer kleinen Kapillare bedienen, die eine äußerst geringe Menge Palladium oder eine Faser mit Palladium beladenen Asbests enthält, Fig. 2. Man leitet zuerst möglichst reinen Wasserstoff in die Bürette, wie oben angegeben, und läßt einen Überschuß bis auf ca. 15 ccm wieder entweichen. Man notiert den Bürettenstand. Alsdann führt man 60–70 ccm Sauerstoff in die Bürette und liest das Niveau abermals ab. Nun befestigt man am Ansatzrohr *c* der Bürette *A*, Fig. 2, eine ca. 10 cm lange Kapillare, die eine äußerst geringe Menge Palladium oder eine Faser Palladiumasbest enthält. An dem andern Ende ist die Kapillare mit der Gaspipette *D* verbunden, die mit Wasser angefüllt ist. Man treibt nun das Gasgemenge, ohne die Kapillare zu erhitzten, in die Gaspipette hinüber und stellt

nun eine kleine leuchtende Bunsenflamme unter das Palladium. Dann öffnet man vorsichtig den oberen Bürettenhahn und zieht langsam das Gas in die Bürette zurück. Man beobachtet deutlich das Glühen des Palladiums. Was die Mengenverhältnisse der Gase und die einzelnen Operationen anbetrifft, so ist es geraten, ziemlich genau nach obigen Angaben zu verfahren, wenn man kleine Explosionen vermeiden will. Selbst die lange Kapillare der Gaspipette schützt nicht ganz sicher vor dem Zurückschlagen des Verbrennungsfämmchens. Eine solche Explosion ist aber, wenn sie einmal vorkommen sollte, ganz harmlos, sobald das Verhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff wie 1:4 ist. Zwei nach diesem Verfahren unmittelbar nacheinander ausgeführte Synthesen ergaben folgende Zahlenresultate:

	I.		II.	
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	Volum
H	84,2	15,8	83,8	16,2
O	24,2	—	21,6	—
Nach der Verbrennung . . .	47,6	—	45,7	—
Kontraktion	—	23,4	—	24,1
Darin H	—	15,8	—	16,2
Also O	—	7,6	—	7,9
O : H = 1 : 2,08.		O : H = 1 : 2,05.		

Falls man den Sauerstoff zuerst in die Bürette eintreten läßt, ist ein Durchmischen der Gase notwendig, im andern Falle tritt ein genügendes Durchdringen der Gase bei der großen Differenz der Dichten von selber ein. Mehr als 1 Teil Wasserstoff auf 4 Teile Sauerstoff zu nehmen, ist nicht ratsam.

Analyse der atmosphärischen Luft.

Wer die Veränderung der unedlen Metalle beim Erhitzen an der Luft als Einführung in die Chemie benutzt, wird nicht verfehlen, diesen Vorgang zu benutzen, um die Luft in ihre Bestandteile zu zerlegen, und er wird den Wunsch haben, den Versuch quantitativ auszuführen. Anstatt größere Mengen Luft durch eine in einem Lampenofen erhitzte mit Kupfer gefüllte Röhre zu leiten und den Stickstoff in der pneumatischen Wanne aufzufangen, kann man diesen wichtigen Versuch mit Hilfe der Gasbürette in wenigen Minuten ausführen und erhält ein ungleich genaueres Resultat. Die Apparatur ist der vorigen ähnlich, Fig. 2, nur wählt man statt der Kapillare ein etwa 10—12 cm langes Jenenser Röhrchen oder noch besser ein Quarzröhrchen, das etwa 2—3 g körniges reduziertes Kupfer enthält. Das Röhrchen befindet sich zwischen Pipette und Bürette, in welcher man 100 ccm Luft abgesperrt hat. Das Berühren der Bürette mit der Hand ist hier, wie überhaupt, tunlichst zu vermeiden. Nachdem man das Röhrchen durch einen untergesetzten Brenner kräftig erhitzt hat, leitet man mit Hilfe des Niveaugefäßes die Luft durch das Röhrchen hin und wieder zurück und liest nach einiger Zeit oder nach dem Umschütteln den Stand des Wassers in der Bürette ab. Da der Sauerstoff der in dem Kupferröhrchen zu Beginn des Versuches vorhanden gewesenen Luft auch absorbiert wird, so wird die Sauerstoffmenge etwas zu groß gefunden. Falls jedoch das Röhrchen nicht überflüssig groß und der leere Raum vorn und hinten etwa durch kurze Glasstäbchen ausgefüllt ist, so liegt der Fehler innerhalb weniger Zehntel Prozent. Zwei nacheinander ausgeführte Versuche ergaben 21,2 und 21,2 Teile Sauerstoff, in 100 Teilen Luft.

Sehr geeignet zur Absorption des Sauerstoffs ist der Phosphor, und die Lindemannsche Methode zur Bestimmung des Sauerstoffs in der Luft und vielen andern Gasgemischen ist auch für den chemischen Unterricht hervorragend geeignet. Schon im Jahre 1892¹⁾ hat Fried. C. G. Müller diese Art der Sauerstoffbestimmung als Unterrichtsversuch beschrieben, und seither gehört dieser Versuch durch seine leichte Ausführbarkeit, die Genauigkeit und die Bedeutsamkeit seines Resultates zu den schönsten Unterrichtsversuchen. Der Phosphor befindet sich am besten in Form dünner Stangen in einer Hempelschen Gaspipette für feste Reagenzien, die durch ein kurzes Schlauchstück direkt mit der Gasbürette verbunden wird. Während der Absorption verdunkelt man das Zimmer, um das schöne Leuchten im Innern der Pipette beobachten zu können. Ist dieses zu Ende, so ist der Sauerstoff absorbiert, was bei ca. 20° C. in wenigen Minuten geschieht, bei niederer Temperatur sehr viel länger dauert. Es ist daher notwendig, die Phosphorpipette im Winter zeitig in das geheizte Zimmer zu bringen. Ferner sei daran erinnert, daß die Absorption durch geringe Mengen von Ammoniak, gewisse Kohlenwasserstoffe und andere organische Stoffe verhindert wird, und daß auch reiner Sauerstoff bei Atmosphärendruck vom Phosphor nicht aufgenommen wird. Es müssen daher sauerstoffreiche Gasgemische mit Stickstoff oder gemessenen Mengen Luft verdünnt werden. Feuchte Luft ergab in zwei aufeinanderfolgenden Bestimmungen 20,6 und 20,6 Teile Sauerstoff in 100 Teilen Luft. Die Phosphorpipette bewahrt man an einem dunklen Orte auf; dieselbe Füllung kann zu Hunderten von Versuchen dienen, und der Apparat ist leicht zusammengesetzt und stets gebrauchsfertig.

Das eudiometrische Verfahren kann zur Ermittlung des Sauerstoffgehaltes der

¹⁾ Ds. Zeitschr. V, S. 251 ff.

Luft natürlich ebenfalls benutzt werden und liefert sehr gut übereinstimmende Zahlen. Man sperrt ca. 50 cem Luft in der Bürette ab, liest den Bürettenstand ab, läßt zirka 25 cem Wasserstoff hinzutreten und führt das Gemisch nach dem Ablesen des Wasserstandes in die Explosionspipette über. Nach der Explosion zieht man das Gemenge von Stickstoff und überschüssigem Sauerstoff in die Bürette zurück und liest wieder ab. Der dritte Teil der Kontraktion ist der Sauerstoffgehalt des angewandten Luftvolumen. In drei aufeinanderfolgenden Versuchen wurde der Sauerstoffgehalt zu 20,8, 20,9, 20,8 % gefunden. Auch in der Palladiumkapillare kann die Vereinigung des Sauerstoffs einer in der Bürette abgemessenen und mit einer gemessenen Menge Wasserstoff gemischten Luftmenge bewirkt werden.

Analyse des Sumpfgases.

Nahezu ebenso einfach wie die Synthese des Wassers gestaltet sich die Verbrennung des Methans in der Explosionspipette und die Ermittelung der zu der vollständigen Oxydation nötigen Sauerstoffmenge. Da die Verbrennung nach der Gleichung



erfolgt, so erfordert ein Volum Grubengas zwei Volume Sauerstoff, und es ist kein anderer mit der Strukturchemie in Einklang stehender Kohlenwasserstoff denkbar, bei dem dieses Verhältnis dasselbe wäre. Erweist sich also das Volumverhältnis zwischen Methan und Sauerstoff bei vollständiger Verbrennung als das obige, so wäre dadurch die Zusammensetzung des Gases erwiesen unter der Voraussetzung, daß das Gas als ein Kohlenwasserstoff bereits erkannt ist. Die Messung der Kohlensäure wäre einfach, wenn man mit einer mit Quecksilber gefüllten Explosionspipette arbeiten würde. Bei Verwendung von Wasser erhält man zu wenig Kohlensäure, da bei dem während der Explosion an der Pipette herrschenden beträchtlichen Drucke ein Teil derselben vom Wasser absorbiert wird. Ich empfehle, es bei der Feststellung der Gesamtkontraktion (Absorption der Kohlensäure durch Kalilauge) bewenden zu lassen und somit nur das Verhältnis von Methan zu Sauerstoff festzustellen und das Ergebnis zu diskutieren. Ein solcher Versuch würde, wenn er leicht auszuführen ist und einigermaßen genau ausfällt, die nicht sehr große Zahl der vorhandenen Experimente über Methan um ein wichtiges vermehren, wichtig besonders, weil es die Zusammensetzung des Gases erweist, die doch vor allen Eigenschaften eines Körpers das eigentlich Charakteristische desselben ist. In der Tat läßt nun der folgende Versuch weder an Einfachheit in der Ausführung noch an Genauigkeit zu wünschen übrig. Aus einer mit Grubengas angefüllten Hahnkugel läßt man das Gas durch einfaches Senken des Niveaugefäßes in die Bürette A (Fig. 1) strömen und läßt einen Überschuß bis auf ca. 12 cem wieder entweichen. Nach dem Ablesen des Wasserstandes führt man in bekannter Weise mindestens 60 bis 65 cem Sauerstoff in die Bürette über und leitet das Gasgemenge durch Heben des Niveaurohres in die Explosionspipette, die nunmehr durch Umdrehen des Glashahnes und durch scharfes Anziehen eines Schraubenquetschhahnes an der Verbindungsstelle gegen die Bürette abgeschlossen wird. Es ist durchaus notwendig, daß das Schlauchende an der Pipettenkapillare mit Drahtligaturen sorgfältig befestigt wird, da sonst bei der Explosion der Schlauch sich sicher löst. Die Entzündung des Gasgemenges geschieht wie oben durch den Induktionsfunk. Nachdem man den Gasrest in die Bürette zurückgezogen hat, läßt man durch den Trichteraufsatzt etwas Kalilauge in die Bürette fließen und gießt zum Ausgleich des entstehenden Dichteunterschiedes ein etwa gleiches Volum Kalilauge in das Niveaugefäß. Man löst nun die Bürette aus der Klemme und schüttelt, indem man vermeidet, das eigentliche Bürettenrohr mit der Hand zu berühren. Sodann liest man die Gesamtkontraktion ab. Das Methan war durch Erhitzen eines getrockneten Gemenges von Natriumacetat und Baryumhydrat gewonnen. Zwei unmittelbar nacheinander ausgeführte Versuche ergaben folgende Resultate:

	I.		II.	
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	Volum
CH ₄	86,6	13,4	87,4	12,6
O	24,3	—	23,4	—
Nach der Explosion	65,6	—	61,9	—
Kontraktion	—	41,3	—	38,5
Darin CH ₄	—	13,4	—	12,6
Also O verbraucht	—	27,9	—	25,6
CH ₄ :O	1:2,08.		CH ₄ :O	1:2,05.

Es wurde auch Methan aus Aluminiumkarbid der Verbrennung unterworfen. Zwei nacheinander angestellte Versuche ergaben übereinstimmend das Verhältnis CH₄:O = 1:1,75. Es scheint somit, daß das so dargestellte Methan erhebliche Mengen Wasserstoff enthält, was man mit Hilfe eines Palladiumrohres leicht feststellen könnte. Will man auch das Molekulargewicht des Gases ermitteln, so wägt man eine mit dem Gase angefüllte leichte Glashahnkugel, deren Gewicht und Inhalt ein für allemal bestimmt worden sind. Es bedarf also nur einer leidlich genauen Wägung. Durch Division des Gewichtes des reduzierten Methanvolums durch das Gewicht des gleichen Volums Wasserstoff erhält man die Gasdichte auf O = 16 bezogen, die verdoppelt das Molekulargewicht ergibt.

Analyse des Äthylens.

Die Verbrennung wird in derselben Weise ausgeführt, doch hat man mit der Löslichkeit des Gases im Wasser zu rechnen, wodurch die Resultate etwas beeinflußt werden. Um den Fehler zu verringern, führt man vor Ausführung des Versuchs ca. 30 ccm Äthlen in die Gasbürette und schüttelt einige Male um, sodann führt man das Gas in die Explosionspipette über und schüttelt auch diese um. Hierdurch wird eine spätere Lösung des Gases wesentlich verlangsamt. Eine Sättigung der Sperrflüssigkeiten mit Äthlen ist durchaus zu vermeiden, da sonst später Äthlen aus der Flüssigkeit in das Äthlen-Sauerstoffgemisch übertritt. Es empfiehlt sich, schnell zu experimentieren und die unverbrannten Gase nicht länger als nötig mit der Sperrflüssigkeit in Berührung zu lassen. Die Explosion ist, obgleich fast lautlos, doch sehr heftig, und es ist durchaus geraten, über das Verhältnis von 8—9 ccm Äthlen zu 50—60 ccm Sauerstoff nicht hinauszugehen. Die Schutzscheibe darf hier wie auch beim Methan nicht fehlen. Wie heftig die Explosionen trotz der geringfügigen Äthlenmengen sind, die verwandt werden, lehrte ein Versuch, bei dem die Verbrennung in einer mit eingeschmolzenen Platindrähten versehenen Gasbürette vorgenommen wurde (nicht im Unterricht). Mit lautem Knall wurde die Bürette total zertrümmert. Meine Explosionspipette jedoch hat bereits Hunderte von Versuchen ausgehalten, und die Versuche sind ungefährlich, wenn sie, wie beschrieben, ausgeführt werden. Im folgenden die Resultate zweier unmittelbar nacheinander ausgeführten Verbrennungen:

	I.		II.	
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	Volum
C ₂ H ₄	91,4	8,6	90,9	9,1
O	45,5	45,9	44,2	46,7
Nach der Explosion und Absorption des CO ₂	79,4	—	80,0	—
Kontraktion	—	33,9	—	35,8
Darin C ₂ H ₄	—	8,6	—	9,1
Also O	—	25,3	—	26,7
C ₂ H ₄ :O	1:2,94.		C ₂ H ₄ :O	1:2,93.

Da die Verbrennung nach der Gleichung:



erfolgt, so stimmen die Resultate mit den erwarteten sehr gut überein.

Analyse des Acetylens.

Da die bei der Bildung des stark endothermen Acetylens aufgenommene Energie bei der Verbrennung wieder zum Vorschein kommt, so sind die Acetylenexplosionen bekanntermaßen sehr heftig, auch die Löslichkeit in Wasser ist beträchtlicher als die des Äthylens. Es fanden daher alle bei Äthylen angegebenen Maßnahmen hier noch in verstärktem Maße Anwendung, und ein rasches, sicheres Arbeiten ist hier vor allem nötig, wenn man gute Zahlen erhalten will. Das Bürette und Pipette verbindende Schlauchende muß von bestem Kautschuk und durch mehrfache Drahtligaturen an der Pipettenkapillare befestigt sein. Schutzscheibe erforderlich. Die Verbrennung erfolgt nach der Gleichung:



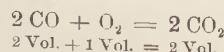
so daß auf 1 Vol. C_2H_2 $2\frac{1}{2}$ Vol. O gebraucht werden. Zwei nacheinander ausgeführte Verbrennungen ergaben folgende Zahlen:

	I.		II.
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand
O	32,6	67,4	32,4
C ₂ H ₂	24,5	8,1	25,2
Nach der Explosion und Ab-			
sorption des CO ₂ . . .	52,6	—	49,8
Kontraktion	—	28,1	—
Darin C ₂ H ₂	—	8,1	—
Also O	—	20,0	—
C ₂ H ₂ :O = 1:2,47.			17,4
			C ₂ H ₂ :O = 1:2,42

Es wurde hier zuerst der Sauerstoff in die Bürette gebracht, weil bei dem dann geringeren Partialdrucke des Acetylens eine Lösung im Sperrwasser entsprechend langsamer erfolgt.

Die volumetrische Analyse des Kohlenoxyds

Früher¹⁾ habe ich einen instruktiven, wenn auch nicht gerade sehr bequemen Versuch beschrieben, der gestattet, in einer Operation die prozentische Zusammensetzung und das Molekulargewicht des Kohlendioxyds zu ermitteln. Da das Kohlenoxyd sich nicht direkt durch Oxydation des Kohlenstoffs gewinnen lässt, so wird man zur Ermittelung der Zusammensetzung einen andren Weg einschlagen müssen, den Weg der volumetrischen Synthese. Wenn das Kohlenoxyd unter Aufnahme der Hälfte seines eigenen Volums an Sauerstoff in ein gleiches Volum Kohlendioxyd übergeht, dessen Zusammensetzung und Molekulargröße bestimmt ist oder als gegeben vorausgesetzt wird, so ist damit auch die Zusammensetzung des Kohlenoxyds bestimmt nach der Gleichung:



Diese Synthese läßt sich nun mit Hilfe der Gasbürette sehr bequem und ohne weitere Vorbereitung in wenigen Minuten vor der Klasse ausführen. Das Kohlenoxyd erhält man durch Zersetzung von Oxalsäure oder ameisensaurem Natron durch konzentrierte Schwefelsäure. Das Gas ist in einer Doppelhahnkugel, einem kleinen Glasgasometer oder auch in einer zweiten Gasbürette über Kalilauge aufzufangen und, besonders wenn es aus Oxalsäure hergestellt ist, tüchtig damit durchzuschütteln. Zur Ausführung des Versuches führt man ca. 40 ccm Kohlenoxydgas, ohne daß Luft mit eindringt, in die Gasbürette A, Fig. 2, über, deren Sperrflüssigkeit eine gesättigte Kochsalzlösung ist. Nach dem Ablesen und Notieren des Niveaus läßt man 30 bis 40 ccm Sauerstoff in die Bürette ein und notiert abermals den Stand des Niveaus.

¹⁾ Ds. Zeitschr. *XV*, S. 82 ff.

Sodann verbindet man das Ansatzrohr der Bürette vermittelst der schon erwähnten Palladiumkapillare *C* mit einer Gaspipette *D*, die ebenfalls mit Kochsalzlösung ganz angefüllt ist. Nun leitet man das Gasgemisch aus der Bürette in die Pipette und wieder zurück in die Bürette, nachdem man vor dem Zurückführen das Palladiumrohr an der Stelle, wo das Palladiummetall liegt, mit einer kleinen Flamme erhitzt hat. In der Pipette tritt völlige Mischung der Gase ein, und eine Entzündung des Gasgemisches ist wegen der Pipettenkapillare ausgeschlossen. Die Verbrennung erfolgt unter starkem Erglühen des Palladiumdrahtes. Man schließt den Bürettenhahn, sobald die Flüssigkeit oben in der Pipettenkapillare angekommen ist. Die jetzt beim Ablesen beobachtete Kontraktion — partielle Kontraktion der Tabelle — ist das Volum des von dem Kohlenoxyd aufgenommenen Sauerstoffs, da das Volum des gebildeten Kohlendioxyds dem des Kohlenoxyds gleich ist. Jetzt läßt man bei gesenktem Niveaurohr 5—10 ccm Kalilauge durch den Trichteraufsatzt in die Bürette fließen, um die Kohlensäure zu absorbieren. Nach gelindem Bewegen der Sperrflüssigkeit liest man ab. Die Differenz dieser in der letzten Ablesung ergibt das Volum des gebildeten Kohlendioxyds, die Differenz der zweiten und vierten Ablesung ergibt die Gesamtkontraktion, wovon bei Zugrundelegung der obigen Gleichung ein Drittel auf Sauerstoff und zwei Drittel auf Dioxyd kommen. Man hat hier also eine willkommene Kontrolle der direkt bestimmten Zahlen für O und CO₂. Drei unmittelbar nacheinander ausgeführte Versuche ergaben die folgenden Resultate:

	Bürettenstand			Volum		
	I.	II.	III.	I.	II.	III.
1. Kohlenoxyd	61,0	59,5	58,0	39,0	40,5	42,0
2. Sauerstoff	22,9	18,9	24,4	—	—	—
3. Nach der Verbrennung . .	42,5	38,2	44,7	—	—	—
4. Partielle Kontraktion . .	—	—	—	19,6	19,3	20,3
5. Nach der Absorption d. CO ₂	79,0	76,3	84,2	—	—	—
6. Differenz 5—3 (CO ₂)	—	—	—	36,5	38,1	39,5
7. Totale Kontraktion (5—2)	—	—	—	56,1	57,4	59,8
8. Davon $\frac{1}{3}$	—	—	—	18,7	19,1	19,9
9. Davon $\frac{2}{3}$	—	—	—	37,4	38,3	39,9
				CO	CO ₂	CO ₂

Wie man aus der Tabelle sieht, stimmen die direkt durch Ablesung ermittelten Zahlen für CO₂ und O mit den aus der Gesamtkontraktion berechneten in allen Versuchen gut überein, und es folgt aus den Versuchen scharf, daß Kohlendioxyd (1 Mol.) bei seiner Bildung das halbe Volum — 1 Atom — Sauerstoff aufgenommen hat. Fast bei allen Versuchen ergibt sich zwischen den beiden ermittelten Werten für Kohlendioxyd und der angewandten Menge Kohlenoxyd eine Differenz von 1—1 $\frac{1}{2}$ ccm, die kaum anders als durch eine Verunreinigung des Monoxyds zu erklären ist, wie denn die Reindarstellung von Gasen überhaupt eine schwierige Sache ist. Ich bemerke noch, daß das Gas von Versuch I und II aus Oxalsäure, das von III aus Formiat entwickelt war.

Will man nur zeigen, daß ein Molekül Kohlenoxyd 1 Atom Sauerstoff aufnimmt, so kann man die Verbrennung in der Explosionspipette vornehmen in ungefähr denselben Mengenverhältnissen. Ein blauer Lichtblitz zeigt die Reaktion an.

Vollständige volumetrische Analyse des Stickstoffoxyds.

Ein früher¹⁾ beschriebener Bürettenversuch bestand im wesentlichen darin, einem gemessenen Volum Stickoxyd durch eine glühende Eisenspirale den Sauerstoff zu entziehen und nachzuweisen, daß das Volum des restierenden Stickstoffs die Hälfte des angewandten Stickoxyds ist. So lehrreich der Versuch auch ist, er ist nur die

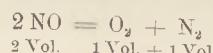
¹⁾ Ds. Zeitschr. XV, S. 85.

halbe Analyse des Gases, da er über die Menge des im Stickoxyd vorhandenen Sauerstoffs nichts beweist, sondern nur, daß in einem Molekül NO ein Atom Stickstoff ist. Ich habe jetzt den Versuch abgeändert und zu einer vollständigen volumetrischen Analyse des Stickstoffoxyds ausgestaltet. Zuerst wird einem gemessenen Volum des Gases durch glühendes Kupfer der Sauerstoff entzogen, der hinterher dem gebildeten Kupferoxyd durch eine gemessene Menge überschüssigen Wasserstoffs wieder genommen wird. Es wird also der Stickstoff direkt gemessen, der Sauerstoff ist die Hälfte des zur Reduktion des Kupferoxyds verbrauchten Wasserstoffs. Der Apparat ist wieder derselbe (Fig. 2). Das aus Eisenchlorür, Salzsäure und Natriumnitrit oder auch aus Natriumnitrit, Schwefelsäure und Quecksilber entwickelte Stickoxydgas wird zu ca. 60 ccm in der Gasbürette gemessen. Zwischen Gasbürette und Gaspipette befindet sich eine mit reduziertem Kupfer locker angefüllte Röhre von schwer schmelzbarem Glase. Noch besser ist eine 10 cm lange Quarzröhre, die jetzt zum Preise von 4 M. zu erhalten ist und durch ihre Haltbarkeit die anfängliche größere Ausgabe mehr als ausgleicht. Die Röhre, deren Luftraum vorn und hinten durch Glasstabstücke möglichst ausgefüllt ist, wird durch einen guten Brenner stark erwärmt und dann erst das Stickoxydgas über das Kupfer hinweg in die Pipette getrieben. Man bemerkt deutlich das stärkere Glühen des Kupfers. Nach dem Zurückziehen des Gases in die Bürette wartet man einige Zeit, damit Röhre und Gas sich abkühlen. Um zu verhindern, daß Wasser aus der Gaspipette in die heiße Röhre steigt, sperrt man das Schlauchende an der Pipettenkapillare mit einem Quetschhahn g ab. Die Bürette schützt man während des Versuchs gegen die strahlende Wärme des Brenners durch ein Stück Asbestpappe. Man liest nun ab und notiert das gefundene Stickstoffvolum. Nun füllt man die Bürette fast vollständig mit Wasserstoff an, liest ab, notiert den Stand des Niveaus und leitet den Wasserstoff durch die jetzt wieder zu erhitze Kupferröhre. Nach dem Zurückführen und Ablesen des Niveaus ist der Versuch zu Ende. Zwei unmittelbar nacheinander ausgeführte Analysen gaben folgende Zahlen:

	I.		II.	
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	Volum
1. NO	39,6	60,4 NO	39,1	60,9 NO
2. N	68,2	31,8 N	68,4	31,6 N
3. H vor der Reduktion .	81,5	—	80,7	—
4. H nach der Reduktion .	25,4	—	23,6	—
5. H verbraucht	—	56,1	—	57,1
6. Also O	—	28,1 O	—	28,6 O
7. N + O (2 + 6)	—	59,9	—	60,2
N : O = 1,1 : 1.		N : O = 1,1 : 1.		

In diesen Versuchen und gleichfalls in vielen andern wird etwas zu viel Stickstoff bzw. zu wenig Sauerstoff gefunden. Weitere Versuche sollen entscheiden, worin diese regelmäßige beobachtete und relativ beträchtliche Abweichung begründet ist.

Der Versuch gibt die vollständige volumetrische Analyse des Stickstoffoxydes gemäß der Gleichung



Setzt man die Dichten von Sauerstoff und Stickstoff als bekannt voraus, so ergibt er auch das Molekulargewicht und die Dichte des Stickoxyds, sowie die wichtige Beziehung $M = 2 D$.

Oxydation des Stickoxyds durch Sauerstoff (volumetrisch).

Schlägt man eins der vielen chemischen Schulbücher auf, so findet man fast überall angegeben, daß das Stickoxyd in Berührung mit Luft unter Sauerstoffaufnahme in Stickstoffdioxyd — bzw. Tetroxyd — übergehe, und daß dieses sich mit Wasser in

Salpetersäure und salpetrige Säure umsetze. Hiernach sollten 2 Volum NO 1 Volum O aufnehmen. Es mag wohl schon manchem Lehrer, der versucht hat, das Experiment quantitativ auszuführen, aufgefallen sein, daß das Ergebnis mit der Theorie nicht in Einklang steht. In der Tat sind die Angaben der meisten Lehrbücher nur richtig, wenn trocknes Stickoxyd sich mit trocknem Sauerstoff verbindet. In Gegenwart von Wasser verläuft der Vorgang ganz anders, wie die folgenden quantitativen Versuche zeigen werden. Da nun die Oxydation des Stickoxyds meistens über Wasser ausgeführt wird, und auch bei den Prozessen im Gloverturm Wasser zugegen ist, so sollten die Lehrbücher diesen Vorgang etwas eingehender behandeln. Kommt Sauerstoff bei Gegenwart von Wasser (stark bewegt) mit Stickoxyd zusammen, so verläuft der Vorgang annähernd im Sinne folgender Gleichung:



so daß auf 4 Volume NO erst 1 Volum Sauerstoff kommt¹⁾. Ganz anders und nahezu im Sinne der Gleichung $2 \text{NO} + \text{O}_2 = 2 \text{NO}_2$ verläuft der Vorgang, wenn man in ein auch über Wasser abgesperrtes Volum überschüssigen Sauerstoffs langsam und ohne zuerst zu schütteln Stickoxyd einleitet. Die Ausführung der Versuche ist ungemein einfach. Nach dem Einleiten des Stickoxyds in die Bürette und Ablesen führt man die gemessene Gasmenge in eine Hempelsche Gaspipette über, Fig. 2, löst den Bürette und Pipette verbindenden Schlauch und verschließt ihn durch ein kurzes Glasstäbchen. Es gelingt dies leicht ohne den geringsten Gasverlust. Sodann mißt man in der Bürette eine etwa ebensogroße Sauerstoffmenge ab, liest ab und verbindet wieder Bürette und Pipette. Jetzt läßt man langsam und unter Schütteln der Pipette mit der linken Hand, während die rechte das Niveaugefäß hebt, den Sauerstoff in die Pipette einströmen. In wenig Augenblicken ist die Reaktion beendet. Zwei nacheinander ausgeführte Versuche lieferten folgende Zahlen:

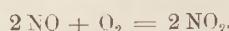
I.		II.		
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	
NO	48,2	51,8	48,6	51,4
O vor der Reaktion	44,8	—	47,5	—
O nach der Reaktion	58,2	—	60,9	—
O verbraucht	—	13,4	—	13,4
NO : O = 3,9 : 1.		NO : O = 3,8 : 1.		

Es kommt also 1 Vol. O auf nahezu 4 Vol. NO.

Andererseits wurde zuerst der Sauerstoff in der Bürette abgemessen und in die Gaspipette übergeführt; dann ließ man eine gemessene Menge Stickoxyd langsam, ohne die Gaspipette zu bewegen, in diese eintreten und wartete einige Zeit, bis die braune Farbe des Gasgemisches vollständig verschwunden war. Das Resultat war folgendes:

	Bürettenstand	Volum
O	21,6	78,4
NO	49,1	50,9
Nach der Reaktion	46,2	53,8
O verbraucht	—	24,6
NO : O = 2,07 : 1.		

Hier verläuft also der Vorgang nahezu im Sinne der Gleichung:



Volumetrische Analyse des Stickstoffoxyduls.

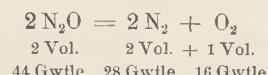
Es handelt sich zunächst um die Gewinnung eines möglichst reinen Gases, das nach der üblichen Darstellung aus Ammoniumnitrat nicht in der nötigen Reinheit

¹⁾ Gelegentlich wurde noch weniger Sauerstoff gefunden.

erhalten werden kann. Reines Stickoxydul entsteht bei der Reduktion von Eisenoxydsalzen durch Hydroxylaminsalze. In einem kleinen mit doppeltdurchbohrtem Stopfen versehenen Kolben löst man ca. 20 g Eisenalaun in wenig heißem Wasser. Durch die eine Bohrung des Stopfens schiebt man einen Hahntrichter, in dem sich eine Lösung von ca. 3 g Hydroxylaminchlorid befindet, so daß auch die Trichterröhre mit der Lösung angefüllt ist. In der andern Bohrung befindet sich ein gebogenes Glasrohr mit darübergeschobenem Gummischlauch. Nachdem man die Alaunlösung zum Sieden gebracht hat und alle Luft aus dem Kolben verdrängt ist, schiebt man schnell den Gummischlauch über das Ansatzrohr einer mit Kochsalzlösung angefüllten Gasbürette und öffnet den oberen Hahn, so daß der Wasserdampf in die Bürette entweichen kann. Dann öffnet man vorsichtig den Hahn des Hahntrichters und läßt tropfenweise die Hydroxylaminlösung in den Kolben fließen. Die Flüssigkeit hält man nahe am Siedepunkte. In wenigen Minuten erhält man so ca. 80 ccm und mehr reines Stickoxydul. Der Gang der Analyse ist nun der, daß Stickoxydul und Wasserstoff in abgemessenen Mengen miteinander zur Reaktion gebracht und die Kontraktion und daraus der Sauerstoffgehalt des Gases ermittelt werden. Sodann wird der überschüssige Wasserstoff durch Palladium absorbiert, und der Stickstoffrest direkt abgelesen. Im einzelnen verfährt man wie folgt: In der früher erwähnten Art läßt man ca. 50 ccm Wasserstoff in die Gasbürette einströmen und notiert den Stand des Niveaus; nun führt man ca. 20 ccm Stickoxydul in die Bürette über und liest wieder ab. Das Gas leitet man nun ohne zu schütteln und ohne Verzug durch ein Kapillarrohr, welches eine Faser Palladiumasbest oder ein Stück Platindraht enthält, in eine mit Wasser gefüllte Gaspipette, Fig. 2, und wieder zurück in die Bürette. Die Kapillare wird dabei etwas erwärmt. Die Reaktion macht sich durch Erglühen des Katalysators bemerkbar. Nun wechselt man das Kapillarrohr gegen ein mit der nötigen Menge (ca. 1—2 g) fein verteilten Palladiummetalls gefülltes Röhrchen aus und leitet das Gasgemenge mehrfach hin und her durch das Rohr, bis keine Volumabnahme mehr zu beobachten ist. Der Gasrückstand ist Stickstoff, dessen Volum abgelesen wird. Die nach der Reduktion des Stickoxyduls beobachtete Kontraktion entspricht dem Volum des oxydierten Wasserstoffs, die Hälfte der Kontraktion gibt also das im Stickoxydul vorhandene Sauerstoffvolum an. Zwei nacheinander angestellte Versuche lieferten folgende Ergebnisse:

	I.		II.	
	Bürettenstand	Volum	Bürettenstand	Volum
H	55,7	44,3	49,8	50,2
N ₂ O	36,0	19,7 N ₂ O	28,4	21,4 N ₂ O
Nach der Reaktion	55,6	—	49,0	—
Kontraktion	—	19,6	—	20,6
Sauerstoff	—	9,8 O	—	10,3 O
Nach Absorption des H	81,4	18,6 N	78,6	21,4 N
N : O = 1,90 : 1.			N : O = 2,08 : 1.	

Auch dieser Versuch stellt also eine vollständige Analyse des Stickstoffoxyduls dar, indem er außer dem Atomverhältnis N : O das Molekulargewicht und die Dichte des Stickoxyduls ergibt, wenn die Dichten von Sauerstoff und Stickstoff als bekannt vorausgesetzt werden. Das Ergebnis läßt sich kurz zusammenfassen durch die Gleichung



Ein Vakuummeter.

Von

H. Rebenstorff in Dresden.

In manchen Fällen ist statt der mit der Luftpumpe verbundenen, nur aus größter Nähe ablesbaren „Barometerprobe“ oder der umständlich aufzustellenden Vorrichtungen für hohe Vakua ein einfaches Hilfsmittel von Nutzen, das ebenso, wie das Mac Leodsche Manometer das Bestehen der Luftleere deutlich vor Augen treten läßt. Bei diesem unterrichtlichen Vorteil muß man dann freilich auf die Exaktheit des zuletzt genannten Apparates verzichten. Die mit der Kolbenluftpumpe erreichbaren Verdünnungen werden mit dem zu beschreibenden Hilfsmittel aber wenigstens genauer erkannt, als mittels einer engen Barometerprobe, zumal wenn die Glaswand des offenen Schenkels das Quecksilber schon etwas adhäriert.

Ein etwa $2\frac{1}{2}$ mm weites, starkwandiges Glasrohr von 40 cm Länge und überall recht gleichem Kaliber ist am einen Ende umgebogen und mit dem etwas schräg stehenden Gefäß (*v*, s. Fig. 1) versehen. Das andere Ende ist ohne Änderung des Kalibers mit einem sehr guten Hahne verschmolzen, von dem aus ein kurzes Rohrstück zu einer Kugel führt. Diese kann mittels des etwas aufwärts führenden Rohrstückes und eines Vakumschlauches mit der Luftpumpe, eventuell unter Zwischenschaltung eines T-stückes zugleich mit weiter angeschlossenen Hohlräumen, verbunden werden. Für einfache Versuche kommt man hierbei mit gewöhnlichen engeren Gummischläuchen aus, in die Stücke der bekannten Hosenträgerspiralen geschoben sind. Um diese auch gegen Hineinsaugen in die anschließenden Röhren zu befestigen, kann

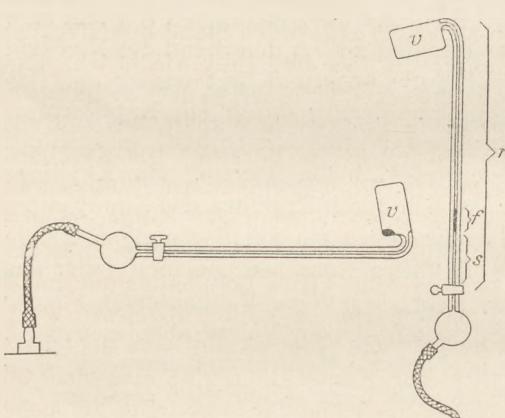


Fig. 1.

man einzelne Windungen des Spiralendes etwas aufweiten oder bequemer einen Zwirnsfaden, schwach einschnürend, nahe dem Schlauchende ein für allemal festknoten. Eine kleine Menge recht reines Quecksilber hatte man in die Vorrichtung gebracht und bis in das Gefäß *v* hinabgeschüttet. Bei der erwähnten Weite des Rohres ist dies gerade noch gut möglich, während beim ruhigen Wenden Quecksilberfäden fast niemals darin die Luft vorbeilassen. Die Menge des einzubringenden Quecksilbers hängt von der Höhe des mit der Luftpumpe erreichbaren Vakuums ab. Während bei Anschluß an eine Wasserstrahlpumpe ein Quecksilberfaden von etwa 5 cm Länge im Rohre gebraucht wird, läßt man ihn für eine ältere Kolbenpumpe etwa höchstens 3 cm, für recht wirksame Pumpen erheblich kürzer werden. Die Verdünnungen mittels einer einfacheren Öl luftpumpe prüft man mit Quecksilberfäden von kaum $\frac{1}{2}$ cm Länge. Eine zu große Quecksilbermenge ist übrigens insofern ohne Nachteil, als man beim Gebrauche auch einen viel kürzeren Faden sehr bequem von dem Metalle in *v* abtrennen kann.

Fig. 1 zeigt links das Vakuummeter mit dem Nippel einer Kolbenluftpumpe verbunden. Eine Stativklemme hält die Vorrichtung wagerecht fest; alles Quecksilber liegt während der Tätigkeit der Luftpumpe in *v* seitwärts des Rohreinganges. Will man das erzielte Vakuum prüfen, so schließt man den Hahn, löst die Stativklemme und neigt das Rohr so weit, bis das Quecksilber den Rohreingang bedeckt. Dann dreht man wieder zurück und beobachtet den Eintritt des Quecksilbers, der erst von

gewissen, schon recht bedeutenden Verdünnungen an erfolgt. Andernfalls stellt man das Rohr wie vorhin auf und verbessert nach dem Öffnen des Hahnes das Vakuum. Etwa losgelöste Quecksilbertröpfchen vereinigt leichtes Schütteln mit der Hauptmenge. Das Fortschreiten der Luftverdünnung zeigt sich an dem ungetrennten Eindringen des Quecksilbers. Der Metallfaden drückt alsdann die dünne Luft im senkrecht gehaltenen Rohre auf ein geringes Volumen zusammen (Fig. 1, rechts). Mittels eines danebengehaltenen oder am Rohre befestigten Millimetermaßstabes (Kartonskalen von C. Bube in Hannover) bestimmt man die Länge des Quecksilberfadens f sowie diejenige der Luftsäule s , wobei man nach einigen senkrechten Auf- und Abbewegungen einige etwas verschiedene Einstellungen des unteren Fadenendes beobachten und den Mittelwert nehmen kann. Für die Fernsitzenden ist sehr auffallend, daß das Quecksilber den Luftrest im Rohre um so tiefer zusammendrückt, je weiter das Evakuieren vorgeschritten war. Wiederholte Prüfungen des Vakuums nehmen nur wenig Zeit in Anspruch. Beim Zurückneigen des Rohres gelangt das Quecksilber meistens sofort wieder ganz in das Gefäß v .

Ist bei der senkrechten Aufstellung die r mm lange Luftsäule im Rohre durch den f mm langen Quecksilberfaden bis auf s mm verkürzt worden, so ist der Druck in dieser abgeschlossenen Luftmenge von p mm bis auf $p \cdot r/s$ gestiegen. Da der Druck in v bei der verhältnismäßig geringen Ausdehnung der dort befindlichen Luft beim Herabfließen des Quecksilberfadens so gut wie ungeändert blieb, so gilt die Gleichung:

$$p \cdot \frac{r}{s} = f + p \quad \text{oder} \quad p = \frac{fs}{r-s},$$

die aus der ein für allemal gemessenen Rohrlänge r sowie f und s den Druck im Vakuum ergibt. Tritt jedesmal die ganze in v enthaltene Quecksilbermenge in das Rohr, so ist natürlich nach jeder Verbesserung des Vakuums nur die Länge der Luftsäule (s) abzumessen. Man kann aber auch leicht verschiedene Zahlenwerte von f erhalten, wenn man durch Unterbrechung des Quecksilbereintrittes (leichtes Schütteln) den einfließenden Metallfaden abreißt. Besonders bequem ist es, den Faden zunächst etwas länger in das Rohr hineinschießen, ihn dann zurückfließen zu lassen und hierbei einen Rest durch Schütteln abzureißen. Auf diese Weise wurden z. B. mit Fäden von 20, 14, 6 und 3 mm Länge Säulen des Luftrestes in den zugehörigen Längen von 84, 113, 191 und 250 mm erhalten, woraus sich bei einer Rohrlänge von 400 mm die Druckwerte ergaben: 5,3, 5,5, 5,5 und 5,0 mm. Die Länge eines sehr kurzen Quecksilberfadens ist freilich nur annähernd bestimmbar. Bei Prüfung der Vakua von Öl luftpumpen erhält man aber wenigstens den Fortschritt des Verdünnens durch relative Werte etwas genauer angezeigt, wenn man jedesmal die geringe, hierfür in den Apparat gebrachte Quecksilbermenge ganz in das Rohr hinabfließen läßt. Gelingen z. B. 3 mm Quecksilber 50, 20 und 10 mm tief, so sind die Drucke mehr oder weniger nahe gleich $\frac{3}{7}$, $\frac{3}{19}$ und $\frac{1}{13}$ mm Quecksilber, woraus sich zugleich die Grenzen der Brauchbarkeit des kleinen Demonstrationsapparates ergeben. Es sei noch bemerkt, daß die liefernde Firma¹⁾ den Apparat mit einem das Vakuum tagelang unverändert haltenden Glashahn versieht, dessen Bohrung die Weite des Rohres hat, so daß mit einem Quecksilberfaden keine erhebliche Kaliberänderung bis dicht an den geschlossenen Hahn zu erkennen ist.

Vielleicht erscheint es als eine Lücke in der Theorie der Vorrichtung, wenn außer Betracht bleibt, in welchem Betrage der Druck in v sich ändert, wenn das Rohr aufgerichtet wird, und der Quecksilberfaden herabsinkt. Hierüber kann man aber sofort Auskunft geben, wenn man den frei in der Hand gehaltenen Apparat mit offenem Hahne so aufrichtet, daß der Quecksilberfaden in das Rohr hinabfließt. Hat

¹⁾ Gustav Müller in Ilmenau.

dieser eine Länge von 2--3 cm, so stellt er sich im senkrechten Rohre unter Ausdehnung des Luftvolumens v in bestimmter Höhe ein. Man mißt die Länge des Quecksilberfadens (f mm), sowie, um wieviel cm das Quecksilber im Rohre vorgedrungen ist. Mit Einrechnung der Rohrkrümmung und des Quecksilberfadens selbst seien dies a cm (s. Fig. 2). Das betreffende Rohrvolumen sei gleich Δv . Nach dem „Änderungsgesetz“ (ds. Zeitschr. 21 171) ist nun $\Delta v/v = \Delta p/p'$, d. h. in unserem Falle $\Delta v/v = f/(b-f)$, wenn b den Barometerstand bedeutet, da $(b-f)$ der nach der Änderung im Gefäß v bestehende Druck ist. Bei einem Versuche dieser Art dehnten 27 mm Quecksilber die in meinem Apparate abgeschlossene Luft um 22,5 cm Länge des Rohres aus. Bei einem Barometerstande von 750 mm ergab sich daraus ein Volumverhältnis: $\Delta v/v = 27/723 = 0,0372$. Der Druck in der abgeschlossenen dünnen Luft wird also beim Gebrauche des Apparates höchstens um $0,0372 \cdot 40 : 22,5 = \sim 0,066$ seines Wertes verändert, was für die Zwecke des Apparates außer Betracht bleiben kann. Hinzugefügt sei, daß (für andere Gebrauchsarten des Apparates) aus der Messung sich ergibt, daß das Volumen von 1 cm des Rohrinhaltes gleich $0,0372 v : 22,5$ ist. Durch

Wägung des aus dem Apparate entfernten Quecksilbers kann man übrigens annähernd auch den absoluten Wert des Volumens v schnell finden.

Für vorheriges Austrocknen¹⁾ der Vorrichtung ist die Verwendung des Chlorkalziumrohr u (Fig. 2) der Firma Gustav Müller in Ilmenau bequem, in das man etwas Schwefelsäure bringt, so daß gerade ein Flüssigkeitsschluß darin entsteht. Die mit den Hohlstopfen versehenen Röhren sind bequem mit den Schlauchanschlüssen zu versehen. Befindet sich ein so vorgerichtetes Rohr zwischen Luftpumpe und etwa dem Vakuummeter, so demonstriert das Schwächerwerden des Blasendurchtrittes den Fortschritt des Evakuierens. Beim Öffnen des Luftpumpenhahnes tritt ziemlich trockene Luft in die abgeschlossene Vorrichtung zurück. Das Säurerohr läßt ferner bestens die Dichtheit der Luftpumpenhähne erkennen. Ist diese bei einer bestimmten Stellung eines Hahnes nur gering, so treten verhältnismäßig lebhaft Luftblasen durch die Säure in den übrigen Hohlraum zurück. An älteren Pumpen wird man leicht bessere und schlechtere Hahnstellungen vorfinden, um danach Verbesserungen vorzunehmen.

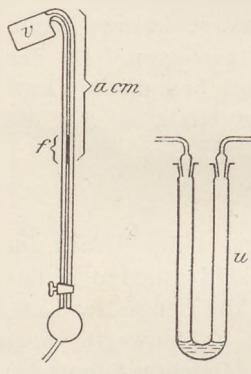


Fig. 2.

Dichtheit der Luftpumpenhähne erkennen. Ist diese bei einer bestimmten Stellung eines Hahnes nur gering, so treten verhältnismäßig lebhaft Luftblasen durch die Säure in den übrigen Hohlraum zurück. An älteren Pumpen wird man leicht bessere und schlechtere Hahnstellungen vorfinden, um danach Verbesserungen vorzunehmen.

Die Interferenzfarben dünner Blättchen.

Von
Wilhelm Volkmann in Berlin.

Der nachfolgende Aufsatz bringt bis auf einige Kleinigkeiten nur Dinge, die von W. FEUSSNER, O. LUMMER, S. SZAPSKI u. a. vor langer Zeit mitgeteilt sind und war deshalb ursprünglich als kurze Notiz gedacht. Sein Zweck ist, gegen einen weit verbreiteten Irrtum zu streiten, der auf Seite 341 in Bd. 21 dieser Zeitschrift gegen die auch angeführte richtige Meinung mit LUMMERS Autorität gedeckt wird. Eine Aussprache mit dem Referenten und dem Herausgeber der Zeitschrift brachte die Anregung zu ausführlicherer Behandlung des Gegenstandes.

Am angeführten Orte wird berichtet, daß ein nach LIPPMANNS Verfahren aufgenommenes Porträt einen Farbenwechsel nach der längeren Wellenlänge hin erleide

¹⁾ Vgl. K. Scheel und W. Heuse, Über scheinbare Abweichungen vom Mariotteschen Gesetz und deren Einfluß auf die Messung kleiner Drucke (Vortragsbericht). Phys. Zeitschr. 9, 784 (1908).

(erröte), wenn man von steiler zu flacherer Betrachtung übergeht, das Bild also schief ansieht. Nun hat nicht jeder ein LIPPmann-Photogramm, insbesondere gar ein solches Porträt zur Verfügung, die wenigsten können also aus eigener Anschauung feststellen, daß der Farbenwechsel tatsächlich im umgekehrten Sinne stattfindet. Daher kommt es wohl, daß der Irrtum so zähe festgehalten wird, zumal da ein Überlegungsfehler nicht ganz fern liegt, der den Irrtum unterstützt. Es wird nämlich sehr oft als Wegunterschied der Strahlen der Weg gerechnet, den der Strahl, der die oberste Silberschicht durchdringt, von hier aus bis zu seiner Rückkehr in diese Schicht nach der Zurückwerfung an der unteren durchläuft. Aus der Figur 1 erkennt man, daß dies nicht richtig ist. Die Strahlen A und B , die auf die spiegelnden Schichten vom Abstande d fallen, seien parallel und interferenzfähig, d. h. sie stammen von ein und derselben Lichtquelle im engsten Sinne, von demselben lichtaussendenden Punkt, und sind etwa durch eine Linse parallel gemacht. Der Raum zwischen den spiegelnden Schichten ist nach dem gezeichneten Strahlengang mit einer stärker brechenden Substanz ausgefüllt, und die Strahlen sind so ausgewählt, daß sie am Ende von B zusammentreffen. Sie erreichen die gestrichelte Linie mit gleicher Schwingungsphase; von hier, nicht von der oberen Spiegelschicht aus, ist also der Wegunterschied zu rechnen. Er beträgt nach der Figur $k + l$, und es ist ersichtlich, daß

$$k + l = k(1 + \cos 2\beta) \\ = 2k \cos^2 \beta,$$

da aber $k = d/\cos \beta$ ist, ergibt sich

$$k + l = 2d \cos \beta.$$

Der Wegunterschied nimmt also, ganz unabhängig vom Brechungsindex der zwischen den Spiegelflächen eingeschlossenen Schicht, ab, wenn β , also auch der Einfallswinkel, zunimmt.

Da der Brechungsindex der Platte sich als gleichgültig erwiesen hat, kann man jedes Plattenpaar für Newtonsche Ringe benutzen, um die Richtigkeit der Überlegung durch den Versuch nachzuprüfen. Hierzu ist ein schwach konvexes Brillenglas (60 Zoll oder mehr) gut geeignet, das in frisch geputztem Zustande auf ein gleichfalls sorgsam geputztes Stück Spiegelglas gelegt wird. Legt man Wert darauf, die Ringe größer, 2, selbst 3 cm groß zu haben, so sucht man sich beim Optiker fast gleich starke Konvex- und Konkav-Gläser aus, von denen das erstere um ein Geringes stärker gekrümmt ist. Freilich erhält man dann die Ringe nicht mehr genau kreisförmig, weil Brillengläser dazu nicht genau genug gearbeitet werden. Verkittet man den erhitzen Rand derartiger mit einer Kopierklammer aneinandergepreßter Gläser mit Siegellack, so daß Staub und Feuchtigkeit nicht mehr hineinkönnen, so erhält man ein schönes Dauerpräparat, das besonders zur objektiven Demonstration der Ringe mit dem Projektionsapparat sehr bequem ist, nur lasse man es hierbei sich nicht bis zum Erweichen des Lackes erhitzen. Ein solches Plattenpaar zeigt, daß die Ringe um so größer werden, je schräger man sie betrachtet, eine Stelle bestimmter Dicke der Luftsicht wird also hierbei von immer kürzeren Wellen erleuchtet.

Wenn wir so auch Übereinstimmung zwischen Überlegung und Beobachtung in den größeren Zügen erkannt haben, so reicht das Schema der Figur 1 doch bei

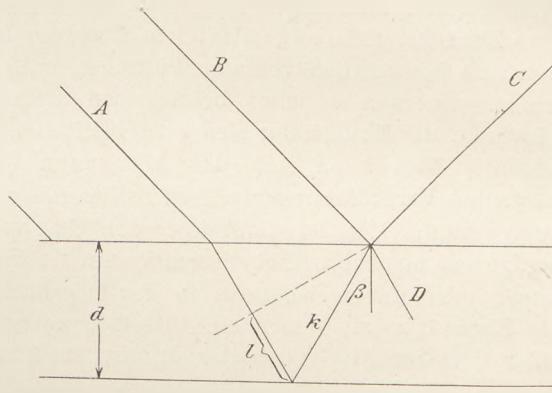


Fig. 1.

weitem nicht aus, um die Erscheinung im allgemeinen Fall vollständig zu erklären. Wir haben es fast nie mit planparallelen Platten zu tun, und auch diese betrachten wir nicht im parallelen Licht und nicht im Licht nur eines leuchtenden Punktes. FEUSSNER hat die Theorie unter Berücksichtigung aller dieser Umstände durchgearbeitet und gibt in WINKELMANN'S Handbuch einen Überblick über die umständliche Rechnung. Seine Ableitungen sind in allen Punkten durch die Erfahrung bestätigt worden. Wie verwickelt die Verhältnisse liegen, davon kann man sich durch sorgfältige Beobachtung einiger auf schwarzer Unterlage ausgebreiteten mikroskopischen Deckgläschchen bei Natriumlicht überzeugen. Man stellt dabei die Natriumflamme hinter eine matte Glasplatte, um ein großes helles Feld zu haben.

Zunächst fällt auf, wieviel leichter die Interferenzstreifen zu sehen sind, wenn man sich beträchtlich von den Plättchen entfernt, als wenn man das Auge so nahe bringt, wie man es etwa beim Lesen an ein Buch bringen würde. Es ist recht schwierig, die Entfernung sicher zu beurteilen, auf die man in jedem Fall das Auge einstellt. Man kann sich das aber ganz wesentlich erleichtern, wenn man ein schwaches Vergrößerungsglas, ein Brillenglas von 15 bis 20 cm Brennweite, dicht vors Auge bringt. Man ist dann über den Ort, wo die Streifen zu sehen sind, nur um wenige cm unsicher. Bei diesem Versuch zeigt sich nun, daß die Streifen keineswegs immer oder nur meistenteils in der Oberfläche der Blättchen liegen, obwohl hier, wie Figur 1 zeigt, sicher ein Interferenzvorgang seinen Sitz hat. Es ist nämlich außer dem Strahl *C* noch der durch den kurzen Strich *D* angedeutete Strahl vorhanden. Nun erleidet (wenn wir das Blättchen optisch dichter als die Umgebung annehmen) der von *B* stammende Anteil des Strahles *C* bei der Reflexion eine Phasenumkehr; dadurch ist in *C* der Phasenunterschied der von *A* und *B* stammenden Anteile stets um eine halbe Wellenlänge anders als in *D*. *C* und *D* ergänzen sich also stets in komplementären Farben, und die Entscheidung über die Verteilung des Lichtes nach oben und nach unten fällt in der oberen Grenzfläche des Blättchens.

Bei diesem Sachverhalt kann ich es nicht für richtig halten, wenn man den Strahlengang umgekehrt zeichnet, einen ankommenden Strahl *C* zerfallen läßt in die Strahlen *A* und *B*, die dann erst unterwegs interferieren. Diese Zeichnung, die z. B. FEUSSNER a. a. O. anwendet, wird erst richtig, wenn man nicht die ganze Platte beleuchtet, sondern nur ein schmales Lichtbündel auf sie sendet, ein Fall, der zwar bei planparalleler Platte, aber nicht allgemein dasselbe gibt wie der bisher behandelte.

Noch eine Bemerkung sei hier eingeschoben: Man spricht oft davon, daß das Licht durch Interferenz vernichtet werde. Diese Ausdrucksweise ist nicht zu billigen; Interferenz und Beugung versichten niemals Licht, sie verteilen es nur räumlich in anderer Weise, als die geometrische Optik erwarten läßt; eine Vernichtung des Lichtes, d. h. eine Umwandlung in andere Energieformen oder auch in Licht von anderer Wellenlänge setzt Absorption voraus. —

Bei Benutzung eines Vergrößerungsglasses erkennt man also, daß die Interferenzstreifen teils über, teils unter dem Blättchen manchmal in großer Entfernung liegen. Man kann, wenn es auch schwierig ist, durch Verdecken des Übrigen absuchen, welchen Punkten der Lichtquelle (also der matten Glasscheibe) und welchen Teilen des Blättchens die einzelnen Streifenscharren zugehören. Es kommt vor, daß Streifenscharren verschiedener Herkunft sehr nahe übereinander liegen. Wenn gleichzeitig die Streifen einen großen Winkel miteinander einschließen, so kann man netzartige Zeichnungen erblicken, die zunächst sehr befreudlich erscheinen. Dreht man ein Deckgläschchen in seiner Ebene, so wandern die Streifen rasch nach oben oder nach unten. Sie liegen über dem Blättchen, wenn seine Keilschneide dem Beobachter, unter ihm, wenn sie der Lichtquelle zugewandt ist. Bei schräg liegender Keilkante sind Ort und Richtung der Streifen vom Ort und der Akkommodation des Auges nicht unabhängig.

Nimmt man statt der Deckgläschchen eine dünne Glimmerscheibe, so sieht man ausgedehnte bogenförmige Streifen, diese liegen, wie man mit einem Krimstecher feststellen kann, in sehr großer Entfernung unter dem Blatt. Sie verdanken ihre Entstehung lediglich der oben berechneten Verschiedenheit der Wegunterschiede, die von verschiedener Blickrichtung bedingt ist, denn Glimmerblätter sind, wenn auch nicht gerade planparallel, so doch außerordentlich parallelfächig.

Ein ganz wesentlicher Punkt ist bisher noch nicht erwähnt worden. Außer den beiden in der Figur 1 gezeichneten Strahlen *A* und *B* sind noch andere Bestandteile im Strahl *C* vorhanden; sie stammen von Strahlen, die zwei- oder mehrmals an der Rückseite und entsprechend oft innerhalb des Blättchens an der Vorderseite reflektiert sind. Diese Strahlen spielen nur eine geringe Rolle, wenn man keilförmige Blättchen bei schrägem Licht beobachtet, weil hier bei großem Gangunterschied stets Überdeckungen auftreten, die die Erscheinung verwischen. Um so wichtiger werden die mehrfach reflektierten Strahlen bei planparallelen Platten. LUMMER hat das durch eine dicke Planparallelplatte hindurchgehende grüne Quecksilberlicht untersucht unter solchen Bedingungen, daß er die mehrfach reflektierten Strahlen, von einem beliebigen unter ihnen anfangend, von der Mitwirkung ausschließen und dann einen nach dem andern wieder hinzufügen konnte. Jede solche Hinzufügung änderte die Helligkeitsverteilung in der Interferenzfigur noch merklich, selbst als 96 cm Gangunterschied im Glase, entsprechend 144 cm in Luft oder $2\frac{1}{2}$ Millionen Wellenlängen, benutzt wurden. Freilich gibt nicht jede Spektrallinie Licht von solcher Einheitlichkeit und von so geringer Dämpfung. LUMMER hat dann gerade auf die mehrfach reflektierten Strahlen seine äußerst leistungsfähige Interferenzspektroskopie gegründet. Es wird hierbei präzise berechnetes gereinigtes paralleles Licht sehr schräg in eine höchst vollkommene Planparallelplatte geschickt, dabei aber der erste, von der Oberseite der Platte reflektierte Strahl unterdrückt. Es geschieht das dadurch, daß man das Licht durch einen schrägen Anschliff in die Platte bringt (Figur 2). Achten wir sowohl auf die oben wie auch auf die unten aus der Platte austretenden Strahlen, so hatte jeder gegen den folgenden den gleichen Gangunterschied, nur der erste an der Oberseite reflektierte Strahl (*B* in Fig. 1) hatte durch die Phasenumkehr einen um eine halbe Welle anderen Gangunterschied. Durch die Unterdrückung dieses Strahls, der den komplementären Charakter der Erscheinung im auffallenden und durchgehenden Lichte bedingte, wird nun die Erscheinung auf beiden Seiten der Platte dieselbe. Es tritt keine komplementäre Trennung des Lichtes an der Plattenoberfläche, keine genau zu lokalisierende Interferenz, mehr ein, sondern die Strahlen interferieren auf dem Wege zu ihrem im Unendlichen bzw. in der Brennebene des Fernrohrobjectivs liegenden Sammelpunkt, indem sie sich auf Grund des HUGENSSEN Prinzips mit den Nachbarstrahlen unterwegs ins Einvernehmen setzen. Das Licht wird so schräg in die Platte geschickt, daß es fast streifend austritt, dadurch wird der Reflektionskoeffizient sehr groß, es tritt nur wenig Licht jedesmal aus der Platte, die Intensität der verschiedenen interferierenden Strahlen wird aber nahezu dieselbe. Infolgedessen wird die Interferenzerscheinung sehr scharf, ähnlich wie beim Beugungsgitter, wo wir durch Anwendung vieler Spalte an die Stelle der verschwommenen Streifen scharfe, helle Linien setzen. Unterdrückt man den ersten Strahl nicht, beleuchtet aber mit schmalen Büscheln, so hat man den Fall, auf den oben hingewiesen wurde. Er gehört ebenso wie der zuletzt besprochene mehr in das Gebiet der Beugung als in das der Interferenz im engeren Sinne.

Gehen wir noch einmal zurück auf die Figur 1, nehmen wir aber an, daß die

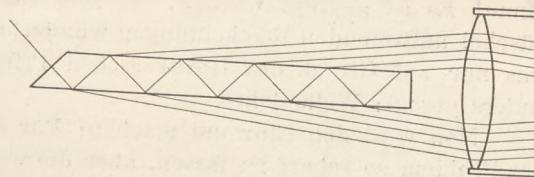


Fig. 2.

Strahlen nicht parallel auf die Platte fallen, oder daß die Platte nicht planparallel sei, oder daß gar beides zugleich der Fall sei. Wir sehen, daß dann nur ganz ausnahmsweise die in *C* oder *D* vereinigten Anteile von *A* und *B* die gleiche Richtung haben. Es ist also, um die Interferenzerscheinung zu beobachten, im allgemeinen ein optisches System von endlicher Öffnung erforderlich, das die zusammengehörigen Strahlen wieder sammelt, ein Auge, eine Linse, allenfalls eine Lochkamera oder eine dieser gleichwertige Beleuchtungsweise. Dabei führt nun die Figur immer wieder auf die Vorstellung, daß auf die Plattenoberfläche eingestellt werden müßte, um die Interferenz zu beobachten. Die angeführten Versuche mit Deckgläschern beweisen aber, daß hier wie in allen andern Gebieten der Optik es nicht angeht, die Fiktion der geometrischen Optik, den Elementarstrahl, als aller Weisheit Schluß anzusehen. Es ist vielmehr immer nötig, auf die Nachbarschaft dieses Strahles zu achten; die optischen Probleme sind eben letzten Endes sämtlich Integral-, d. h. Beugungsprobleme.

Ich glaube, die Schule kommt um diesen Hinweis nicht herum, wenn sie sich nicht das Wesentliche der Sache entgehen lassen will. Es verbietet sich natürlich von selbst, auf der Schule irgendein Beugungsproblem exakt durchzurechnen. Daß man die Integralrechnung nicht zur Verfügung hat, ist noch das geringste Hindernis, im vorliegenden Fall ist die große Mannigfaltigkeit der Einzelerscheinungen das Störendste. Man sollte aber den für ein selbständiges Ding geltenden Lichtstrahl der geometrischen Optik im Unterricht vorsichtiger verwenden und mehr auf die Wellenfront und das HUYGENSSCHE Prinzip die Aufmerksamkeit lenken. Wie erstaunlich viel mehr als der Lichtstrahl sagt die Wellenfront z. B. in der Theorie des Regenbogens, ohne daß irgendwie größere Mühe aufgewandt werden müßte. Man sollte auch nicht die Beugung als ein flüchtig zu streifendes Schlußkapitel der Optik, als eine nebенächliche Sonderbarkeit des Lichtes behandeln, sondern sie so weit als möglich voran nehmen, um in ihrem Licht die Probleme der Optik in zutreffender Weise behandeln zu können. Man verstehe das Wort Beugung nicht in zu engem Sinne! Es ist geprägt worden, als man sich über die an den Rändern der Lichtbüschel auftretenden Erscheinungen wunderte, es umfaßt aber jetzt alles in der Optik, was nur auf Grund des HUYGENSSCHEN Prinzips richtig ausgedrückt werden kann, anders gesagt: Wellenlehre.

Man wird den Einwand machen: Für den Physiker mag es ja sehr nötig sein, das Problem so scharf zu fassen, aber die wenigsten Schüler wollen Physiker werden, ihnen genügt eine gröbere Darstellung. Ich gebe gern zu, daß die Schule die Physik vornehmlich für die treiben soll, die nicht Physiker werden wollen; aber ist ihr wirklich daran gelegen, daß diese Schüler physikalische Kenntnisse sammeln? Hat sie nicht vielmehr deshalb die Physik in ihren Lehrplan aufgenommen, weil hier am einfachsten Material gewonnen und aufs schärfste in ihrer Richtigkeit geprüft werden können Gedanken von allgemeinem Wert? Das HUYGENSCHE Prinzip ist so einer, es ist der anschauliche Ausdruck des Integrationsgedankens, d. h. der Summe, die eine ganz andere Größenordnung hat als die Summanden. Integriert das Leben nicht auch Kleinigkeiten des Zufalls zu einem Geschick? Kann, wer in seiner Denkweise zu integrieren pflegt, einen Ruhm darin finden, sich nie mit Kleinigkeiten abgegeben zu haben? Ich weiß wohl, ich habe hier ein Beispiel auf die Spitze getrieben, das als einzelnes bedeutungslos ist, ich wollte die Richtung zeigen, in der ich den Wert der Physik für die Schule suche, die Vollständigkeit der Systematik erscheint mir daneben völlig belanglos.

Die Besprechung der Interferenzfarben dünner Blättchen darf nicht geschlossen werden, ohne auf die Wichtigkeit eines besonderen Falles hinzuweisen, nämlich daß das Licht senkrecht auf das Blättchen fällt. Hier zeigt sich, daß die historisch gewordene Beschränkung auf dünne Blättchen nicht berechtigt ist, Platten von ansehnlicher Dicke, Wegunterschiede von Meterlänge kommen hier noch ernstlich in

Betracht, der schon erwähnte LUMMERSche Versuch gehört hierher. Zur Betrachtung der Interferenzen bei senkrecht auffallendem Licht ist ein besonderer Apparat nötig, den Fig. 3 zeigt. Er stellt eine vereinfachte Form des auf Grund LUMMERScher Untersuchungen von CZAPSKI erfundenen und von PULFRICH weiter ausgebildeten Plattenprüfers dar. In einem Holzklotz, dessen Oberseite mit mattschwarzem Papier bezogen ist, steht ein gläserner Schaft. An Korken und einem winkligen Glasrohr trägt er 5 cm über dem Holzklotz nach allen Richtungen drehbar ein in Pappe gefaßtes Brillenglas von 20 cm Brennweite. Im Brennpunkt über dieser Konvexlinse sind ein schwarzes Papier mit 5 mm weitem Loch und ein unbelegtes Streifchen Spiegelglas, gegen einander um etwa 45 Grad geneigt, um einen Glasstab drehbar an einem Kork befestigt. Das Licht einer Natriumflamme wirft man mit einer Beleuchtungslinse (Brillenglas von 10 cm Brennweite) so auf den Glasstreifen, daß auf dem Papier mit dem Loch die Natriumflamme abgebildet wird, und das durch das Loch hindurchfallende Licht die ganze Linse über dem Holzklotz erleuchtet. Zur genauen Einrichtung des Apparates legt man nun einen Spiegel auf den Holzklotz und sorgt durch Verschieben der Linse und Drehen des ganzen Apparates und des obersten Ppropfens dafür, daß das durch die Linse gehende Licht gerade wieder oben im Loch sich vereinigt. Man beurteilt das von oben her aus größerer Entfernung. Bringt man dann das Auge möglichst dicht über das Loch, so sieht man die ganze Linse hell. Ersetzt man nun den Spiegel durch ein unbelegtes gutes Spiegelglas, so sieht man etwas vergrößert (die Linse wirkt als Lupe) das Glasstück hell, jedoch durchfurcht von Interferenzstreifen, die genau in der Oberfläche des Glases liegen. Vortreffliches Glas für diese Zwecke liefern die mikroskopischen Objektträger aus Spiegelglas, die von den Mikroskopverkäufern vorrätig gehalten werden, das gewöhnliche Handels-Spiegelglas ist meist zu schlecht. Unter den angegebenen Versuchsbedingungen bedeckt jeder Interferenzstreifen Stellen von genau gleicher Glasdicke. Man kann also durch Abzählen dieser Streifen genau die Dickenunterschiede, den Keilwinkel des Glases feststellen. Findet man eine Stelle, wo die Platte planparallel ist (Maximum oder Minimum der Dicke), so blicke man durch diese Stelle der Platte, nachdem man sie dicht unter das Loch, also dicht vor das Auge gebracht hat; man sieht dann ein schönes Ringsystem, das seinen Ort im Unendlichen hat. Diese Ringe sieht man teilweise auch bei Platten von sehr geringem Keilwinkel (Abstand der Streifen über 4 mm) und an Glimmerblättchen. Man sieht sie auch, freilich minder deutlich, wenn man durch diese Stelle der Platte ohne weiteres nach einer von Natriumlicht erleuchteten matten Glasplatte blickt. Sie verdanken ihre Entstehung lediglich den Verschiedenheiten des Gangunterschiedes, die von der Verschiedenheit der Blickrichtung herrühren.

Es kommt vor, daß die Streifen gleicher Plattendicke sehr matt erscheinen. Der Grund dafür liegt darin, daß im Natriumlicht zwei verschiedene Wellenlängen vorhanden sind, die sich wie 1000 zu 1001 verhalten. Bei einer Plattendicke, wo der Gangunterschied der interferierenden Strahlen 1000 Wellenlängen der einen Art beträgt, decken sich beide Streifensysteme, bei einer halb so dicken Platte fallen

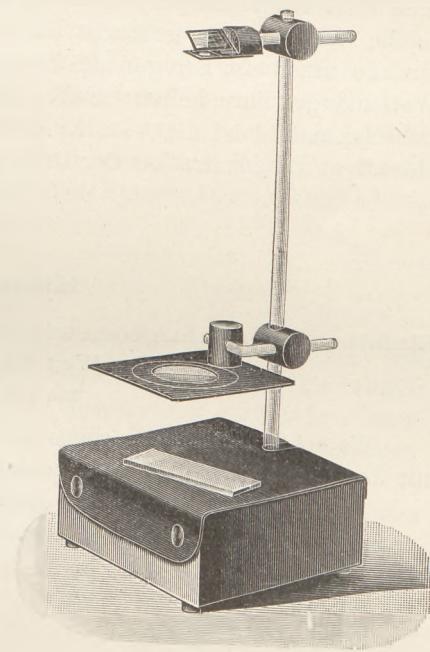


Fig. 3.

aber die hellen Streifen des einen Systems auf die dunklen des andern und verwischen die Erscheinung. Dasselbe ist bei ungeraden Vielfachen dieser Plattendicken der Fall. Solche Platten prüft man mit Lithiumlicht.

Der beschriebene Plattenprüfer ist ein sehr nützliches Instrument, und ich rate dringend, ihn zu bauen. Zur Befolgung dieses Rates trägt es vielleicht bei, wenn ich mitteile, wie ich mit ihm die von ZEEMAN entdeckte Zerspaltung der Spektrallinien durch das Magnetfeld habe beobachten können. Mein Magnet, der um anderer Versuche willen zerlegbar gebaut ist, hat ein Ohm Widerstand. Im Plattenprüfer befand sich eine 3 mm starke Glasplatte, die gute Streifen zeigte. Ließ ich 11 Amp. durch den Magneten gehen, so sah ich wider Erwarten keine Veränderung, weil nämlich gerade das Licht, dessen Wirkung ich sehen wollte, so polarisiert ist, daß das spiegelnde Glasplättchen fast nichts davon nach unten wirft. Ich hielt darauf eine Viertelwellenlängenplatte¹⁾ an die Beleuchtungslinse und konnte, nachdem ich sie in die richtige Lage gebracht hatte, mit Befriedigung feststellen, daß die Interferenzstreifen nun beim Erregen des Magneten fast verschwanden, indem die neugebildeten Wellenlängen ihre hellen Streifen gerade auf die schon vorhandenen dunklen legten. Das Magnetfeld ist nicht stark; es reicht bei 1 cm Schichtlänge nur ganz knapp zur objektiven Demonstration der Drehung der Polarisationsebene im Schwefelkohlenstoff.

Kleine Mitteilungen.

Einfacher, elementargeometrischer Beweis, daß das Licht bei der Brechung den Weg kürzester Zeitspanne nimmt.

Von Prof. Leman in Straßburg i. E.

Es sei ACB der Weg des Lichtstrahls. Es werde $AC = a$ im dünnern Mittel mit der Geschwindigkeit v_1 durchlaufen, $CB = b$ im dichteren mit der Geschwindigkeit $v_2 < v_1$. Die Forderung der kürzesten Zeitspanne lautet dann

$$1) \quad \frac{a}{v_1} + \frac{b}{v_2} = \text{Min.},$$

oder (s. Fig.)

$$1') \quad \frac{a_0}{v_1 \sin \alpha} + \frac{b_0}{v_2 \sin \beta} = \text{Min.},$$

wozu noch die Bedingung kommt

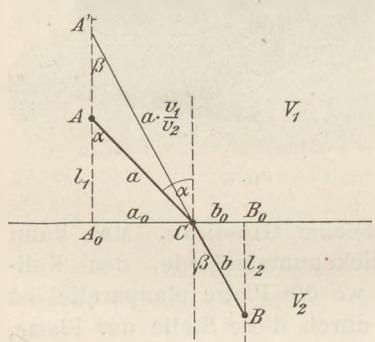
$$2) \quad a_0 + b_0 = \text{konst.}$$

Reduziert man in 1') und 2) a_0 und b_0 auf die Lotlängen l_1 und l_2 durch $a_0 = l_1 \cdot \tan \alpha$, $b_0 = l_2 \cdot \tan \beta$, so ist nach 2) β Funktion von α , und es handelt sich um

eine Aufgabe der relativen Maxima und Minima, die man in bekannter Weise löst, indem man 1') und 2) differenziert und $\frac{d\beta}{d\alpha}$ eliminiert.

Um die Aufgabe der Bestimmung des Punktes C auf der festen Strecke $A_0 B_0$ (Bedingung 2), welche den Abstand der Lote $A_0 A$ und $B_0 B$ bestimmt, gemäß 1) ohne Differentiation zu lösen und damit die Beziehung zwischen α und β zu finden, behalten wir die Bedingung 2) unverändert bei, ändern aber 1) so, daß an Stelle eines Minimums der Zeit ein Streckenminimum tritt: Wäre in beiden Medien die Geschwindigkeit gleich, so lautete Gleichung 1) einfach $a + b = \text{Min.}$, also ACB

¹⁾ Jedes Glimmerblatt, das bei Natriumlicht zwischen gekreuzten Nicols Helligkeit gibt, ist bei richtiger Stellung ebensogut zu brauchen.



eine Gerade. Wir tragen nun der Ungleichheit der Geschwindigkeiten Rechnung, indem wir a entsprechend der größeren Geschwindigkeit größer machen, ersetzen also a durch $a \cdot \frac{v_1}{v_2}$, wenn b beibehalten wird. Es muß dann aber A auf dem Lote $A_0 A$ verschoben werden nach A' , so daß $A'C = a \cdot \frac{v_1}{v_2}$, also nach dem Schnittpunkt des Lotes mit dem Kreise um C mit Radius $a \cdot \frac{v_1}{v_2}$. Die Bedingung 1) geht dann über in

$$A'C + CB = \text{Min.}$$

d. h. $A'C B$ ist eine Gerade. Aus dem Dreieck $A' A C$ folgt dann sofort nach dem Sinussatz das Snelliussche Gesetz. — Es ist bemerkenswert, daß die so erhaltene Figur keine andere ist als die bekannte zur Konstruktion des gebrochenen Strahls.

In dieser Zeitschrift, Jahrg. I, hat auch SCHELLBACH in „Beiträge zur geometrischen Optik“, S. 191 f., einen einfachen elementargeometrischen Beweis angegeben. Der hier mitgeteilte, den ich nirgends habe finden können, ist erheblich einfacher und dürfte sich wegen der erwähnten Eigenschaft der Figur für den Unterricht empfehlen. Der einleitende Hinweis auf die Lösung durch Differentiation hatte hier nur den Zweck, die Bedingung $a_0 + b_0 = \text{konst.}$ zu betonen und die Verschiebung des Punktes A auf dem Lote $A_0 A$ zu begründen; man wird beim Unterricht dieser näheren Begründung entraten können.

Für die Praxis.

Neue einfache Blitztafeln und Blitzkugeln. Von Franz Queißer in Krumau. Die gewöhnlich mittels Stanniol hergestellten Blitztafeln beanspruchen immerhin einige Mühe, wenn man sich dieselben selbst anfertigen will, oder kosten doch schon ziemlich viel, wenn man sie käuflich erwirbt. Mit wenig Geld und geringer Mühe aber erreicht man mindestens ebenso schöne Wirkungen auf folgende Weise:

Man verschaffe sich die zum Bronzieren von Gegenständen gebräuchlichen Bronzen aus Aluminium und Kupfer (auch Messing), wie sie in jeder kleinen Drogenhandlung zu erhalten sind, ferner Ferrum limatum. Außerdem benötigt man ein Fläschchen des gleichfalls überall erhältlichen Spirituslackes; eventuell auch einige Glasplatten, etwa 15×10 cm im Ausmaß. —

Irgend ein Bronzepulver oder das Eisenpulver röhrt man nun in dem Lacke zu einer schwach breiartigen Masse an und bestreicht hiermit mittels eines Pinsels eine Glasplatte oder besser ein ebensogroßes Pappendeckelstück gleichmäßig (Fig. 1), läßt trocknen, was bei dem Spirituslack bald bewerkstelligt ist, und die Blitztafel ist fertig. Pappendeckel ist deswegen vorteilhafter, weil er sich durch geeignet angebrachte Seidenschnüre viel leichter in eine beliebige Lage bringen läßt als die Glasplatten. —

Man verbindet nun die zwei Pole einer Influenzmaschine entweder mit den beiden Armen des Henleyschen Ausladers oder einer sonst regulierbaren Funkenstrecke und ordnet die Tafel, natürlich mit der bestrichenen Seite dem Beobachter zugewendet, so an, daß die Kugeln dieselbe nicht berühren, sondern bei Tätigkeit der Maschine ein Funkenstrom durch die Platte zwischen den beiden Elektroden übergeht. Die durch den Lack isolierten Metallteilchen bilden nämlich eine aus kleineren Funkenstrecken bestehende Brücke, und es bietet ein schönes Bild, den Funken in den verschiedensten Verästelungen überschlagen zu sehen.

Gleichzeitig aber werden auch die kleinen Metallteilchen durch die Wärme des Funkens verdampft und verbrannt (die Verbrennungsprodukte sieht man auch nach-

Cu
Al
Fe
Cu
Al
Fe
Cu
Al
Fe
Cu

Fig. 1.

her als Pulver an den beiden Elektroden), und der Funke nimmt die Farbe desjenigen Dampfes an, dessen Metall er eben durchschlägt: so liefert die Kupferbronze grünliche, das Eisenpulver gelbliche, die Aluminiumbronze rötlichweiße Funken. Noch schöner kann man das Ganze gestalten, um den Gegensatz der verschiedenen Funkenfärbung besser hervortreten zu lassen, wenn man die Platte in Partien trennt, welche dann mancherlei Formen haben können, und die Metalle auf dieselben entsprechend verteilt, z. B. streifen-, oder ringförmig, wie die Figuren wiedergeben. Das Funkenspiel der einzelnen Partien ist dann auch noch verschieden gefärbt, und eine derartige Platte gewährt, im Dunkeln betrachtet, einen prächtigen Anblick.

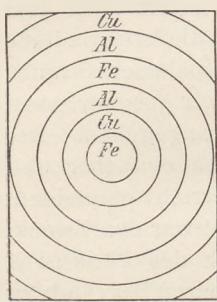


Fig. 2.

Fast noch schöner nehmen sich ähnlich hergestellte Blitzkugeln aus. Zu diesem Zwecke verschaffe man sich einen oder nach Wunsch mehrere Gummibälle, welche ja überall zu haben sind. Man hänge dieselben an Seidenfäden isoliert auf und überziehe sie mit einer oder mehreren der oben genannten Bronzen (Fig. 2). Hält man solche Kugeln zwischen die Pole einer Influenzmaschine oder Funkenstrecke, so erscheinen sie wie von glänzenden Fäden umspannen, welche durch den sich vielfach verzweigenden Funken gebildet werden. Man kann wohl auf solche Weise auch Blitzröhren herstellen oder beliebige andere Körper als Blitzkörper verwenden, wobei der Phantasie ein weiter Spielraum geboten ist.

Nur nebenbei sei noch erwähnt, daß die bronzierten Gummibälle bei verschiedener Größe sich auch sehr gut als Kugeln mit verschiedener Kapazität zu messenden Versuchen verwenden lassen.

Gestelle für einzelne Reagenzgläser. Von H. Rebenstorff. Beim chemischen, bisweilen auch beim physikalischen Unterricht ist es erwünscht, einzelne Reagenzgläser aus der Hand stellen zu können, so daß der Inhalt gut sichtbar bleibt. Bisweilen

soll dabei das Absetzen eines Niederschlags, die Einwirkung des Tageslichtes oder Ähnliches vor dem Fenster im Laufe der Stunde noch sichtbar werden. In solchen Fällen ist ein einfaches Gestelle verwendbar, bestehend aus einem quadratischen Brettchen, aus dessen Mitte sich in wenigen Windungen eine Drahtspirale erhebt. Das obere Drahtende ist wieder herabgebogen und führt durch das Brettchen, wo es innerhalb einer Aussparung auf der Unterseite mit dem anderen Drahtende zusammengedreht ist. Durch die Bohrlöcher muß der Draht nur gedrängt hindurchgehen

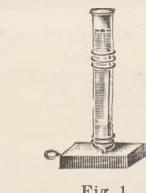


Fig. 1.

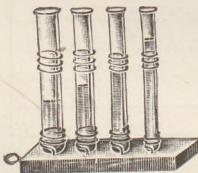


Fig. 2.

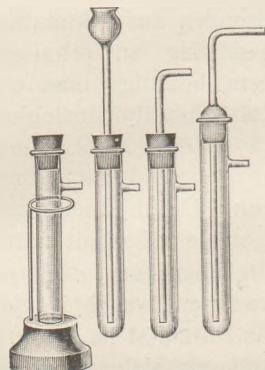


Fig. 3.

und eine gewisse Steifheit besitzen. Befindet sich an der einen Kante des Brettchens eine Metallöse, so kann man es daran, etwa an der Seitenwand einer Vertiefung unter dem Tische, anhängen. Es ist dann für den Gebrauch sofort zur Stelle (Fig. 1). Auch ein Gestelle mit mehreren Tragspiralen ist bisweilen recht erwünscht (Fig. 2). Die vielfach verwendbaren „Reagensgläser mit Seitenrohr“ (ds. Zeitschr. XVIII 225) kann man in den Gestellen der Beobachtung zugänglich erhalten (Fig. 3, a, b, c). Gewisse Vorzüge besitzt andererseits der ältere Halter (Fig. 3 links). Die beschriebenen Halter liefert ebenfalls die Firma Gustav Müller in Ilmenau.

Berichte.

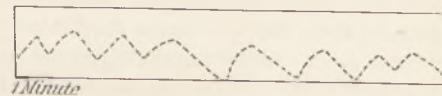
1. Apparate und Versuche.

Einen Apparat zur Aufsuchung regelmäßiger Wellen im Luftdruck beschreibt W. SCHMIDT (Wien)¹⁾. Während bei der Toeplerschen Drucklibelle und dem Hefner-schen Variometer die Druckschwankungen eines durch eine Kapillare mit der Außenluft verbundenen, sonst abgeschlossenen Luftvolumens beobachtet werden, bestimmte der Verf. den Druckunterschied im Innern zweier verschiedener Gefäße. Nimmt man an, daß der Luftdruck im Freien regelmäßige Schwingungen ausführt und nach einem einfachen Sinusgesetz mit der Zeit sich ändert, so werden diese Schwingungen im Innern eines durch eine Kapillare mit der Außenluft verbundenen Gefäßes auch Druckschwingungen von derselben Schwingungsdauer, aber anderer Amplitude und Phase erzeugen. Für ein zweites, durch eine andere Kapillare mit der Außenluft verbundenes Luftvolumen werden diese Größen wieder andere, indem sie stets von der Abnahmgeschwindigkeit der Druckdifferenz in beiden Gefäßen abhängen. Betrachtet man nun den Druckunterschied zwischen den Innenräumen beider Gefäße, so zeigt auch dieser eine Sinusschwingung mit veränderter Amplitude, die aber nur für mittlere Schwingungszahlen merklich ist, während sie für sehr rasche und sehr langsame Schwingungen sehr gering bleibt. Sind nämlich die äußeren Luftdruckschwankungen sehr langsame, so hat jedes der beiden Luftvolumina Zeit, seinen Druck mit dem der Außenluft auszugleichen; bei sehr raschen Schwingungen hingegen wird wegen der kurz aufeinander folgenden, entgegengesetzt gerichteten Impulse überhaupt keine Druckänderung im Innern der Gefäße hervorgerufen. In beiden Fällen kann sich also keine bedeutendere Druckdifferenz einstellen, wohl aber bei mittlerer Schwingungsdauer, wo das durch die weitere Kapillare mit der Außenluft verbundene Gefäß weniger gegen die Druckschwankungen in dieser zurückbleibt als das andere.

Der Apparat bestand aus zwei Flaschen von je 100 ccm Inhalt; durch den sie verschließenden Kautschukstöpsel führt neben einem Glasrohr mit Hahn, der den Druck innen und außen auszugleichen gestattet, ein zweites Rohr, an das die Kapillaren ange-

schlossen werden; mit ihm steht auch die Toeplersche Drucklibelle in Verbindung, welche zwischen den beiden Flaschen eingeschaltet ist. Als Sperrflüssigkeit diente Wasser mit Alkohol, die Ablesung des Kuppenstandes erfolgte durch ein Mikroskop mit Okularmikrometer. Als Kapillaren dienten Thermometerröhren von verschiedener Weite und Länge. Für jede von ihnen wurde die Abnahmgeschwindigkeit der Druckdifferenz zwischen Außenluft und Innenraum als besondere Kanstante α vorher bestimmt. Unter einer Reihe von Kapillaren wurde eine Auswahl so getroffen, daß die Schwingung eine maximale Amplitude und diese einen gewünschten Betrag hatte; bei einer Versuchsreihe wurden z. B. zwei Röhren benutzt, deren Abklingungskonstanten 5,5 bzw. 40,8 Sek. betrugen.

Die mit diesem Apparat aufgesuchten regelmäßigen Wellen im Luftdruck können beruhen entweder auf rein mechanischen Schwingungen einer begrenzten Luftmenge (enger Hof, über den Wind weht) oder auf Helmholtzschen Luftwogen oder auf stehenden Schwingungen verschieden temperierter Luftschichten. Fig. 1 gibt eine am 25. Mai



1907 bei sonnigem windstillen Wetter gemachte Beobachtungsreihe wieder. Die Intervalle zwischen den einzelnen Ablesungen betrugen 15, später 30 Sek.; die Schwingungsdauer der bevorzugten Wellen war etwa 6 Min. Andere vom Verf. reproduzierte Diagramme zeigen einen weniger regelmäßigen Verlauf der Luftwellen.

Schk.

Ein eigenartiger stereoskopischer Effekt wird von E. GRIMSEHL beschrieben; er tritt ein, wenn man farbige Darstellungen mit beiden Augen zugleich durch ein einfaches Leseglas von etwa 9 cm Durchmesser betrachtet¹⁾. So erscheint in einer deutschen abgestempelten Zehnpfennigmarke bei dieser Betrachtungsweise der Stempel etwa 2–3 mm weit über der Marke schwebend, während er

¹⁾ Annalen der Physik 27, 346 (1908).

bei einer Fünfpfennigmarke tief in das Papier hineingedrückt erscheint. Eine ähnliche Beobachtung macht man, wenn man auf weißem Papier ein engmaschiges Netz mit roter Tinte und darauf schwarze Buchstaben zeichnet. Von einer Reihe konzentrischer Kreise, die abwechselnd mit grüner (oder blauer), schwarzer, roter, schwarzer usw. Tinte ohne weiße Zwischenräume gezeichnet sind, erscheinen durch das Leseglas die roten Kreise gehoben, die grünen vertieft. Der Verfasser erklärt den Effekt durch die Farbenabweichung, welche die durch die Ränder des Glases gehenden Strahlen erfahren, indem die roten Strahlen zu einem virtuellen Bilde des Objekts hin konvergieren, das vor dem entsprechenden grünen Bilde liegt. Die scheinbare Hebung des Stempels der Zehnpfennigmarke würde daher so zu erklären sein, daß nicht der Stempel, sondern der rote Untergrund gegenüber den weiß durchschimmernden Teilen des Papiers gehoben wird.

Nach M. v. ROHR ist eine ähnliche Beobachtung schon 1848 von Brewster gemacht; auch F. KOHLRAUSCH hat bereits 1871 auf eine gleiche Erscheinung hingewiesen, die er mit zwei kleinen geradsichtigen Prismen anstelle. Dagegen machte GRIMSEHL noch eine weitere Beobachtung, die neu zu sein scheint. Macht man auf weißem Papier eine Anzahl schwarzer, roter und grüner Flecke und betrachtet diese durch das Leseglas, so erscheinen die grünen vorn, die schwarzen dahinter und die roten noch weiter zurückliegend; auf schwarzem Hintergrunde ist die Anordnung gerade umgekehrt. v. ROHR erklärt die erste

Erscheinung aus der prismatischen Wirkung der linken und der rechten Hälfte des Leseglases auf beide Augen, wobei das Blau nasal, das Rot temporal verlagert wird; das erste entspricht einer Annäherung, das zweite einer Entfernung. Beim schwarzen Untergrunde handelt es sich um eine Linsenwirkung, durch die jedes Fleckenbild nach außen geschoben wird, blau aber mehr als rot.

Nach F. GRÜNBAUM wird der „stereoskopische Effekt“ bei Betrachtung farbiger Bilder auch mit bloßem Auge, ohne Linsen, erzielt¹⁾. Zur Untersuchung diente eine Tafel aus schwarzem, glanzlosem Papier, auf der Figuren mit den Farben Rot, Gelb, Blau, Grün und Weiß aufgezeichnet waren. Die meisten Figuren enthielten in der Mitte einen kreisförmigen farbigen Fleck (z. B. rot), um diesen blieb ein schwarzer Ring frei, und es folgte ein andersfarbiger Ring (z. B. grün). Es wurden 16 ähnliche Figuren mit verschiedenen Farben in 4 Reihen, außerdem auch Figuren mit einem Fleck und 2 Ringen aufgestellt und in 1 m Entfernung von 15 verschiedenen Beobachtern geprüft. Alle konnten die Raumwirkung wahrnehmen. Die meisten sahen zuerst Rot, dahinter Gelb, zuletzt Grün oder Blau; das ist ein Hervortreten der langwelligen Farben gegenüber den kurzwelligen. Die Helligkeit einer Farbe begünstigte ihr Hervortreten; beim Fehlen des schwarzen Zwischenraumes trat die Raumwirkung nicht mehr ein. Eine Erklärung gibt der Verf. nicht, vermutet aber, daß mangelhafte Achromasie des Auges dabei mitwirke.

Schk.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Akustik. 1. Die Wahrnehmung der Schallrichtung. Von C. S. MYERS und H. A. WILSON¹⁾. Zu dem in dieser Zeitschr. XXI, 192 gegebenen Bericht kommen hier noch einige Ergänzungen. Die Verff. prüften durch eine besondere Versuchsanordnung die von Lord Rayleigh gemachte Beobachtung, daß der Hörer die Schallquelle nach der Seite hin verlegt, an der die Phase weiter vorgeschritten ist. Der Ton einer Stimmgabel wurde durch ein mittleres Ansatzstück einer $2\frac{1}{2}$ m langen Messingröhre zugeführt, die in zwei weiteren Röhren verschiebbar war; aus diesen gelangte der Ton durch Glas- und Gummiröhren zu den beiden Ohren des Be-

obachters. Ein Gehilfe verschob die erste Röhre und änderte dadurch die Wege des Tons zu den beiden Ohren. Eine Stimmgabel von 512 Schwingungen zeigte eine gute, Gabeln von 384 und 128 Schwingungen leidliche Übereinstimmung zwischen der Seitenwahrnehmung und der Phasendifferenz; dagegen gab eine Gabel mit 256 Schwingungen eine Seitenwirkung, die der erwarteten genau entgegengesetzt war. Der Grund dieser Abweichung wurde in der Resonanz gefunden, die der Ton in der Röhre je nach Stellung des Ansatzstückes erfuhr; durch Anwendung manometrischer Flammen ließ sich das genau nachweisen. Wurde das Rohr an einer Stelle

¹⁾ Proc. of the Royal Society 80, 260 (1908); Naturw. Rdsch. XXIII, 357 (1908).

¹⁾ Verh. der Deutsch. Physikal. Ges. 10, 234 (1908).

teilweise mit Watte verstopft, so wurde der Seiteneffekt erst richtig wahrgenommen, wenn sich das Ohr an den Intensitätsunterschied gewöhnt hatte. Hiernach scheint die Phasendifferenz den Seiteneffekt dadurch hervorzurufen, daß sie einen Unterschied der Intensität des Schalles innerhalb beider Ohren hervorbringt.

2. Über die akustische Wirkung der menschlichen Stimme hatte MARAGE schon früher wichtige Untersuchungen ange stellt¹⁾). In einem Saal, in dem ein kontinuierlicher Ton erzeugt wird, kann ein Hörer drei Arten von Schwingungen unterscheiden: 1. die von der Quelle kommende primäre Welle; 2. die von den Wänden zurückgeworfenen diffusen Wellen, die den Resonanzton erzeugen, und 3. die von den Wänden reflektierten regelmäßigen Wellen, die zu verschiedenen Echos Anlaß geben. Der Raum hat dann gute Akustik, wenn er kein Echo erzeugt, und der Resonanzton so kurz ist, daß er den erzeugenden Ton verstärkt, ohne den nachfolgenden zu stören. Die Dauer t dieses Resonanztons hat der amerikanische Ingenieur

W. Sabine durch die Formel $t = \frac{K}{a+x}$ ausgedrückt, wo K eine vom Volumen des Saals abhängige Konstante, a das Absorptionsvermögen des leeren Saales, x das Absorptionsvermögen der Zuhörer bedeutet. MARAGE machte seine Beobachtungen in sechs sehr verschiedenen großen Sälen von Paris; unter ihnen war der größte im Trocadero mit 630000 cbm, der kleinste der Hörsaal für Physiologie in der Sorbonne mit 646 cbm. Als Tonquelle diente eine mit Resonator versiegte Vokalsirene, die an der Stelle, wo sich gewöhnlich der Redner befindet, aufgestellt wurde. Bei gefülltem und leerem Saale wurde dann für die Vokale U, O, A, E, I die Dauer des Resonanztons bestimmt, während der Beobachter sich nacheinander an den verschiedensten Punkten des Saales befand. Die Beobachtungen erwiesen die Sabinesche Formel als zutreffend. Die Dauer des Resonanztons ändert sich mit dem Klang, der Höhe und der Stärke des erzeugenden Tones; dies erklärt vielleicht die Erscheinung, daß ein Saal für einen Redner gut, für ein Orchester schlecht sein kann. Damit die Akustik eines Saales gut sei, muß die Dauer eines Resonanztons ziemlich konstant sein für alle Stellen und für alle Vokale, und zwar zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 Sekunde liegen. Ist die Dauer größer

als 1 Sekunde, so kann man sich in dem Saale nur verständlich machen, wenn man sehr langsam spricht, gut artikuliert und der Stimme keine zu große Energie gibt.

In einer neueren Arbeit versuchte MARAGE diese Energie für verschiedene Stimmen (Baß, Bariton, Tenor) zu messen¹⁾. Als Maß dient das Produkt $V \cdot H$, wo V das Volumen der aus den Lungen kommenden Luft, H den Druck derselben bedeutet. Da aus zahlreichen Versuchen hervorging, daß die mit der Sirene erzeugten Vokale U, O, A auf Note fa_2 , die dem Baß, Bariton und Tenor gemeinsam ist, den gleichen Eindruck auf den Hörer machen wie diese drei Stimmen, so konnten auch hier die künstlichen Vokale verwertet werden. In vier verschiedenen Sälen ergaben die Messungen, daß die Energien der drei Stimmen, damit diese gehört werden konnten, sehr verschieden waren. So verbrauchte im Trocadero-saal der Baß, um gehört zu werden, 0,0014, der Bariton 0,00012 und der Tenor 0,000088 kgm. Im allgemeinen zeigte sich, daß der Baß eine 7- bis 16 mal größere Energie aufwenden muß wie der Tenor, während der Bariton eine dem Tenor nähere Zwischenstellung einnimmt. In verschiedenen Sälen war die Differenz auch verschieden; im Trocadero verbrauchte der Tenor 4 mal soviel Energie wie im Theater Richelieu, während der Baß eine 9 mal so große Anstrengung machen mußte. Ergänzt wurden diese Messungen durch solche an zwei abnormen Personen, von denen die eine einen künstlichen Kehlkopf, die zweite eine Trachealkanüle unterhalb der normalen Stimbänder besaß; bei beiden konnte der Luftdruck und das Volumen der ausgestoßenen Luft beim Sprechen bestimmt werden. Im Durchschnitt leistet man bei der Unterhaltung in 1 Stunde eine Arbeit von etwa 48 kgm, bei einer Rede in großem Saale im Mittel 200 kgm. Je kürzer die Stimbänder, um so geringer ist die bei der Unterhaltung geleistete Arbeit: Frauen leisten beim Sprechen eine 4 mal geringere Arbeit als Männer und ermüden darum viel weniger. Da die Arbeit beim Sprechen vorzugsweise vom Volumen der ausgeatmeten Luft abhängt, so muß ein Redner lernen, mit dieser Luft hauszuhalten.

3. Akustische Notizen. Von H. STARKE²⁾.
a) Die Erzeugung von Tönen durch künstliche Schwebungen. Die Frage, ob

¹⁾ Journal de Physique VII, 298; Naturw. Rdsch. XXIII, 380 (1908).

²⁾ Verh. d. Deutschen Physikal. Ges. 1908, S. 285.

¹⁾ C. R. CXLII, 878 (1906).

alle Tonstöße als besondere Töne gehört werden, ist von verschiedenen Akustikern verschieden beantwortet worden. Hierher gehören die aus Schwebungen gebildeten Differenztöne und die künstlich zur Intermittenz gebrachten einfachen Töne. Der Verf. untersuchte die für die letzteren angewandten Methoden und verglich diese miteinander in bezug auf die Treue ihrer Nachahmung von Schwebungen. Er verwirft die Königsche Methode, bei der die Töne periodisch schwankender Intensität durch eine Sirene mit periodisch sich ändernder Größe der Luftlöcher erzeugt werden. Dagegen ahmt den Vorgang der Schwebungen zweier Töne fast vollkommen die Methode der rotierenden Stimmgabel nach; bei einer vollen Umdrehung erhält man hier vier Schwebungen. An Stelle der Stimmgabel werden auch rotierende Klangplatten verwendet. Wegen ihrer Entstehung aus variierender Tonintensität werden diese Töne nach Radau Variationstöne genannt; A. und L. Weinhold bezeichneten die hierbei eintretende Zweispaltung des Tones als ein „akustisches Analogon zum Zeemanschen Phänomen“. Schwebungen werden ferner künstlich dadurch nachgeahmt, daß ein Ton p konstanter Höhe und Intensität entweder durch Kontaktunterbrechungen eines Telephonmikrophonkreises oder mittels einer zwischen Tonquelle und Ohr des Beobachters rotierenden Scheibe mit Öffnungen zu einem intermittierenden gemacht wird. Bei q Unterbrechungen in der Sekunde erhält man hier einen Klang p , der $2q$ Schwebungen hat und als zusammengesetzt anzusehen ist aus den beiden Variationstönen $p+q$ und $p-q$. Man hört hier aber nicht den Ton $2q$, sondern, wenigstens bei hohem p , den Unterbrechungston q . Die Variationstöne vor einer zwischen Stimmgabel und Beobachter rotierenden, mit Ausschnitten versehenen Scheibe sind sehr deutlich zu hören, der Unterbrechungston, der an Höhe der Zahl der passierenden Löcher entspricht, dagegen nur bei sehr hohem Gabelton (2048 Schwingungen), wobei die Variationstöne sehr nahe zusammenrücken. Ein Unterschied zwischen Schwebungen und Intermittenzen muß also durchaus gemacht werden. Beide werden oft miteinander verwechselt, so bei der Hermannschen Vokaltheorie, gegen die der Verf. sich in weiteren Ausführungen wendet.

4. Bestimmung der Schallgeschwindigkeit. Von M. THIESEN¹⁾. Schon vor

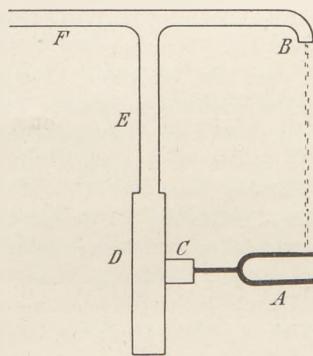
einigen Jahren hatte der Verf. eine neue Methode zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit, die Methode des geschlossenen Resonators, angegeben. Sie besteht darin, daß man in einem geschlossenen Raume stehende Schwingungen erzeugt und die Frequenz bestimmt, bei der ein Maximum der Resonanz eintritt. Bei den hier beschriebenen Versuchen wurde als Resonanzrohr ein Messingrohr von 5,6 cm innerem Durchmesser und 0,2 cm Wandstärke benutzt; seine Länge wurde durch Vergleichung mit dem auf Silber geteilten Messingmeter bei 0° zu 100,004 cm bestimmt. Auf die Enden der Röhre wurden zwei gleichartige Fassungen aufgesetzt; das eine Ende wurde durch Kautschukschlüsse mit der Schallquelle, das andere mit zwei in die Ohren des Beobachters eingeführten Hörern verbunden. Die Gasfüllung des Resonators war von der äußeren Luft durch Membranen aus Neusilberblech abgeschlossen; kleine Öffnungen von 0,1 cm Durchmesser in den Fassungen ermöglichen den Eintritt des Schalles in den Resonator. Als Schallquelle diente eine durch einen Elektromotor angetriebene Sirenen Scheibe von 60, 80 und 120 Löchern, deren Bewegung durch mikrometrische Verschiebung eines Bremsmagneten reguliert wurde. Die Umdrehungsgeschwindigkeit wurde so variiert, bis das Ohr die maximale Resonanz wahrnahm, und dann mittels eines Chronographen gemessen. Die Rohrlänge des Resonators ist dann gleich der halben Wellenlänge des erzeugten Tones; aus dieser und der durch die erste Messung bestimmten Schwingungszahl ergibt sich die Schallgeschwindigkeit. Die Einstellung des Resonanzmaximums wurde durch Unregelmäßigkeiten des Motors, Nebengeräusche und harmonische Obertöne sehr erschwert; durch Vorschaltung von Hilfsresonatoren mit unharmonischen Obertönen und breitem Maximum gelang es aber, den Klang der Sirene so weit zu reinigen, daß im wesentlichen nur der Grundton übrig blieb. Der Verf. bestimmte mit dieser Methode die Schallgeschwindigkeit der Luft bei 0° . Dazu wurde der Resonator in einem Zinkkasten, der mit Eis gefüllt werden konnte, auf Holzträgern befestigt. Aus einer großen Zahl unabhängiger Versuchsreihen ergab sich die Schallgeschwindigkeit der trockenen kohlenstofffreien Luft von 0° zu 33192 ± 5 cm/sec.

5. Akustische Notizen. Von Lord RAYLEIGH¹⁾. a) Erhaltung von Stimmabel-

¹⁾ Annalen der Physik 25, 506 (1908).

¹⁾ Phil. Mag. 16, 235; 1908.

schwingungen durch Wassertropfen. Die Reaktion zwischen der Stimmgabel *A* und dem von *B* (Fig. 1) kommenden Wasserstrahl wird bewirkt durch eine Zweigröhre *E*, die in einem Metallkasten *D* endigt. Auf einer biegsamen Seite dieses Kastens ist eine Holzröhre *C* befestigt, an welche die Stimmgabel geschraubt ist. Die Schwingungen dieser bewirken bei geeigneter Einstellung einen Strom von Tropfen von derselben Frequenz. Die Öffnung *B* ist etwa 2 mm weit in eine dünne Metallplatte gebohrt. Die Röhren sind von Blei und erlauben eine leichte Einstellung durch Biegung; das Wasser kommt entweder direkt aus der Leitung oder besser aus einer Aspiratorflasche. Es kommt bei dem Versuch



nicht nur auf die gleiche Frequenz von Tropfen und Stimmgabelschwingungen, sondern auch auf die richtige Phase an, da das Auffallen der Tropfen auf eine vorhandene Schwingung ebenso hemmend als fördernd einwirken kann. Eine geringe Änderung der Entfernung zwischen *A* und *B* hat hierbei einen günstigen Einfluß. Der Verf. benutzte Stimmgabeln von 256 und 320 Schwingungen und erhielt gute Resultate. Die Mängel der Anordnung beruhen in dem leichten Rosten der Zinken, der nicht sehr großen Intensität der Schwingungen und der durch adhäsierende Tropfen ungenau werden den Frequenz.

b) Das „Akustikon“. Das Instrument dient zum Hören bei Schwerhörigkeit und besteht aus einer einfachen Batterie, einem Mikrofon und einem Telephonstrom. Die aus 2 oder 3 Trockenelementen bestehende Batterie und das Telephon bieten nichts Besonderes. Nur das Mikrofon ist ungewöhnlich wirksam. Die den Schall aufnehmende Scheibe besteht aus Kohle, ist $\frac{1}{2}$ mm dick und am Rande befestigt. Gegen sie drücken sechs Gruppen von kleinen ($\frac{1}{2}$ mm) Kohlenkugeln vom Ansehen von Schrotkugeln, die

sich in halbkugligen Vertiefungen einer dicken Kohlenplatte befinden. Beim Gebrauche wird das Mikrofon wie eine Medaille auf der Brust getragen, oder es steht, z. B. beim Diner, auf dem Tische. Bei einem großen Modell hatte der Verf. zwei parallel miteinander verbundene Mikrophone. Die Wiedergabe der Laute war nicht für alle Konsonanten gleich gut.

c) Tonhöhe der Zischlaute. Der Verf. bestimmte diese mit der Methode der Knoten und Bäuche mit Hilfe einer sensitiven Flamme und eines gleitenden Reflektors. Ein von Herrn Enock gegebener sehr hoher Zischlaut hatte eine Wellenlänge von 25 mm, während ein tieferer des Verf. $\lambda = 82$ mm aufwies. Die Schwingungszahl wäre von der Größenordnung 10 000 pro Sek., mehr als 5 Oktaven über Mittel c.

d) Beobachtungen an Telephonen. Aus der Tatsache, daß durch Verdickung der Membran eine bessere Artikulation der Zischlaute und einiger Konsonanten erzielt wird, glaubte der Verf. einen ähnlichen Vorteil aus der Einführung eines Kondensators in den Stromkreis erzielen zu können. Theoretische Überlegungen führten auch zu diesem Schluß. Die Versuche des Verf. bestätigten aber die Annahme nicht. Dagegen erhielt derselbe eine deutliche Resonanz in der Region der höheren Töne seines Harmoniums (etwa 2000 Schwingungen), wenn eine neue Selbstinduktion in den Stromkreis eingefügt wurde. Diese Resonanz war praktisch beschränkt auf eine Region von 3 bis 4 Halbtönen; wurde bei der besten Tonhöhe der Kondensator ausgeschaltet, so war ein deutlicher Abfall der Intensität zu merken.

Nimmt man an Stelle der Eisenplatte eines Telephones eine Kupfer- oder Aluminiumplatte, so ist bei Benutzung eines Kohlemikrofons als Empfänger das Ticken einer Uhr deutlich hörbar, wenn auch in verschiedener Qualität in beiden Fällen. Dagegen bleibt eine Glimmerplatte still selbst bei heftiger Erregung. Verschiedene, zur Erklärung dieser Erscheinung angestellte Versuche führten zu dem Schluß, daß nicht etwa Spuren von Eisen in den anderen Metallen die Wirkung hervorriefen, sondern daß es in der Metallscheibe induzierte Wechselströme sind, die auf den nahezu konstanten Magnetismus der Polstärke reagieren.

Schk.

„Metallstrahlung.“ Von SEM SÆLAND¹⁾. Verschiedene Metalle und oxydierbare orga-

¹⁾ Annalen der Physik 26, 899 (1908).

nische Substanzen üben auf die photographische Platte eine Wirkung aus, die von einigen Beobachtern auf eine besondere „Metallstrahlung“, von andern, wie Russel, auf Wasserstoffsuperoxyddämpfe zurückgeführt wird. Auch die bekannte Wirkung dieser Substanz wird von Grätz durch eine besondere Strahlung erklärt, während Russel in ihr eine chemische Reaktion sieht. Die Versuche SAE LANDS scheinen nun darzutun, daß die Russelsche Auffassung als die richtige angesehen werden muß.

Ein frisch abgeschmiedetes Stück Mg, Al oder Zn macht auf einer photographischen Trockenplatte einen Eindruck, der wie ein Lichteindruck entwickelt werden kann. Er ist am stärksten, wenn die Platte unmittelbar aufliegt; in geringer Entfernung hört die Wirkung bald ganz auf. Die Intensität der Wirkung entspricht der Stellung des betreffenden Metalles in der Voltaschen Spannungsreihe; je kräftiger aber das Metall gleich nach dem Abschmieden wirkt, um so schneller verschwindet auch die Wirkungsfähigkeit. Metalle, die wie Eisen und Nickel eine anfangs kaum merkliche Wirkung zeigen, geben bei monatelanger Berührung auch eine deutliche Schwärzung, während z. B. das anfangs stark wirkende Mg, nachdem es längere Zeit an der Luft gelegen, gar nicht mehr wirkte. Besonders kräftige Wirkungen geben einige Amalgame. Durch Wärme oder Elektrizität wurde die Wirkung nicht beeinflußt. Die Schwärzung der Platte wurde stärker, wenn man sie erst einige Zeit nach der Exposition entwickelte, ebenso wenn man sie vor der Entwicklung erwärmt. Im gut evakuierten

Raume oder in H₂-Gas hörte die Wirkung vollkommen auf, in gut getrockneter Luft oder in reinem Wasserdampf wurde die Wirkung stark vermindert. Im allgemeinen ergab sich eine Wirkung nur dann, wenn die Möglichkeit für die Bildung von Wasserstoffsuperoxyd (nachgewiesen bei Amalgame) vorhanden war.

Eine geradlinige Ausbreitung der Wirkung konnte nicht nachgewiesen werden. Brachte man zwischen das Metall und die photographische Platte Diaphragmen aus dünnem Messingblech, so ging die Wirkung durch die Löcher nicht hindurch; durch Diaphragmen aus Zinn- oder Aluminiumfolie dagegen ging sie hindurch. Dieselbe Erscheinung wurde beobachtet, wenn man anstatt des Metalles eine schwache Lösung von Wasserstoffsuperoxyd verwendete. Wurden die Löcher mit Feilspänen von Cu, Sn oder Al gefüllt, so wurden beide Wirkungen wieder durch das Cu, nicht durch Sn und Al aufgehalten. Man hat sich hiernach vorzustellen, daß H₂O₂-Dämpfe von der nächsten Umgebung der Metalle oder der Lösung zu der photographischen Platte hinüberwandern; wenn sie auf ihrem Wege zersetzt werden, geht die Wirkung verloren. Durch löcherfreie Aluminiumfolie ging die Wirkung nicht hindurch, durch einen Luftstrom konnte man sie wegsaugen. Beide Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Beobachtungen von Grätz und sprechen dafür, daß wir es mit Dämpfen, nicht mit einer Strahlung zu tun haben. Hiernach dürfte sich bei der Oxydation der Metalle Wasserstoffsuperoxyd bilden, das die photographische Wirkung hervorbringt.

Sch.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Aus der Friesschen und der Cohenschen Schule. Vor Jahresfrist hat das Geleitwort zum Beginn des dritten Jahrzehntes unserer Zeitschrift als letzten der vier Hauptprogrammpunkte (deren drei andere den humanistischen Charakter des physikalischen Unterrichtes — die experimentelle Betätigung der Schüler — die Aufgabe, den gesamten realistischen Unterricht einheitlich zusammenzufassen, betrafen) auch der Beziehung zur Philosophie gedacht, nämlich: es sei der physikalische Unterricht „vor allen anderen Fächern dazu berufen, dem gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht den philosophischen Abschluß zu geben, dessen er dringend bedarf, wenn er sich gegen die Beziehungen zur Gesamtheit des mensch-

lichen Geisteslebens nicht absperrn und sich nicht selbst von der Mitwirkung an den höchsten Bildungsaufgaben ausschließen will.“ — Dieser Aufgabe nun sucht seit längerem die vorliegende Abteilung „Zur Erkenntnislehre“ zu dienen und den physikalischen Leser dieser Zeitschrift über die für ihn bemerkenswerten philosophischen Erscheinungen auf dem laufenden zu erhalten.

Zu solchen „Erscheinungen“ im weiteren Sinne gehört aber auch die leidige Tatsache, daß innerhalb der philosophischen Literatur selbst bis zur Stunde Gegensätze bestehen, die dem außerhalb der philosophischen Forschung Stehenden es doppelt schwer machen, der Philosophie überhaupt zu trauen und aus ihren Leistungen das zu seiner Belehrung

und wirklichen Förderung Geeignete auszuwählen.

Zu diesem Eingeständnis, das ja letztlich doch wieder den physikalischen Leser nur vor Entmutigung warnen und bewahren möchte, sehe ich mich veranlaßt durch das zufällige Zusammentreffen einiger mir zur Berichterstattung in dieser Zeitschrift zugewiesenen Schriften: nämlich einerseits von vier weiteren Heften „Abhandlungen der Friesschen Schule“, andererseits zweier Schriften von MAX SIMON, in denen er gegen einen der eifrigsten Vertreter (NELSON) dieser Friesschen und für die Cohensche Schule Stellung nimmt. Zwischen diesen beiden philosophischen Schulen gibt es seit mehreren Jahren einen Kampf von ungewöhnlicher Heftigkeit, der für einen übrigens unbeteiligten Zuschauer immerhin einiges Merkwürdige hat. Gehen wir in *medias res*:

In Band II der Abhandlungen der Friesschen Schule S. 147 wird aus COHENS berühmtem Buch „Logik der reinen Erkenntnis“ folgender Satz zitiert: „Die Empfindung der Wärme wird im Thermometer objektiviert und im Barometer wird *sie* ganz auf den Raum zurückübertragen.“

Der physikalische Leser traut seinen Augen nicht, daß heutzutage ein Philosoph sich noch solchen — Tiefsinn leiste. Schlagen wir daher COHENS Buch (S. 387) selbst auf, so wird auch der größere philosophische Zusammenhang dem physikalischen Leser wieder einen nur wenig vertrauenerweckenden Eindruck machen; höchstens mildert sich der Schein vom Unsinn eines „Barometers“, das mit „Empfindung der Wärme“ etwas zu tun hätte, dahin, daß das Wörtchen „*sie*“ sich nicht auf „Empfindung der Wärme“, sondern nur auf „Empfindung“ überhaupt bezogen haben dürfte. — Die schlichtere Denkgewohnheit des physikalischen Lesers wird wohl zur bescheidenen Frage an den Philosophen berechtigen, ob es denn nicht möglich wäre, philosophischen Tiefsinn auch anders zu betätigen als in der Form von Fallgruben, die er Schritt für Schritt dem Verständnis des anderweitig wissenschaftlich gebildeten Lesers gräbt. — Insoweit also müssen wir für die durchwegs einer ausgezeichnet klaren Darstellung sich befleißigende Schule FRIES, gegen die Schule COHEN Stellung nehmen.

Wir setzen nun den Bericht über die „Abhandlungen der Friesschen Schule. Neue Folge. Herausgegeben von G. Hessenberg, Ph. Kaiser und L. Nelson“ fort, über die an dieser Stelle schon zweimal berichtet worden

war; nämlich ausführlich über den ersten Band (Heft 1 und 2) im Jahrg. 19, 120—125 und kürzer (über Hefte 3 und 4) im Jahrg. 20, 125. Nun ist auch der zweite Band¹⁾ dieser „Abhandlungen“ im Umfang von 818 + 21 S. erschienen. Wir beschränken uns auf kurze Bemerkungen zu denjenigen (unten gesperrt gedruckten) Abhandlungen, die dem mathematisch-physikalischen Leser dieser Schriften näher stehen.

In Abhandlung III hebt HESSENBERG (dessen Abhandlungen über „Das Unendliche in der Mathematik“ und „Grundbegriffe der Mengenlehre“ im ersten Band der „Abhandlungen“ von mathematischer Seite zu den besten Darstellungen dieses Gegenstandes gezählt werden) in aller Schärfe den Unterschied zwischen der kritischen Aufweisung eines Axioms und dessen (durch den Begriff eines Axioms schon ausgeschlossenen) „Beweis“ hervor. Die hier entwickelte Beziehung der „Grundlagentheorie“ (S. 82) einer außerphilosophischen Wissenschaft, wie es auch die Mathematik ist, zur einschlägigen Erkenntnistheorie könnte vorbildlich werden auch für eine künftige „Grundlagentheorie der Physik“. Der zweite Teil der Abhandlung nimmt Stellung gegen jenes Büchlein CASSIRERS aus der Cohenschen Schule, das derselben Serie angehört wie das unten besprochene von SIMON.

V hebt Schwierigkeiten der philosophischen Propädeutik infolge des zerfahrenen Zustandes der gegenwärtigen wissenschaft-

¹⁾ 1. Heft: I. Der Wert des Lebens nach Platon. (O. Apelt.) II. Inhalt und Gegenstand, Grund und Begründung. Zur Kontroverse über die kritische Methode. (Nelson.)

2. Heft: III. Kritik und System in Mathematik und Philosophie. (G. Hessenberg.) IV. Das gute klare Recht der Freunde der anthropologischen Vernunftkritik, verteidigt gegen Ernst Cassirer. (K. Grelling.) V. Ein Wort zur philosophischen Propädeutik. (E. Palte.) VI. Bemerkungen zur Geschichtsphilosophie. (C. Brinkmann.)

3. Heft: VII. Ist metaphysikfreie Naturwissenschaft möglich? (Nelson.) VIII. Bemerkungen zu den Paradoxien von Russel und Burali-Forti. (K. Grelling und Nelson.) IX. Über wissenschaftliche und ästhetische Naturbetrachtung. (Nelson.) X. Erinnerung an Ernst Friedrich Apelt. (O. Apelt.)

4. Heft (zugleich als selbständiges Buch erschienen): Über das sogenannte Erkenntnisproblem von Leonard Nelson. Göttingen, Vandenhoeck u. Ruprecht, 1908. 427 Seiten.

lichen Philosophie hervor; betont aber die Wichtigkeit einer Anleitung zum Selbstdenken der Schüler auch über philosophische Dinge.

VII verneint die gestellte Frage nach einer metaphysikfreien Naturwissenschaft und verteidigt im wesentlichen KANT (und FRIES) gegen MACH. NELSON sagt (S. 255): „Das Problem, das HUME sich vorlegte, war nämlich nicht, wie MACH meint: „Wie kann ein Ding A auf ein anderes B wirken?“, sondern dies: „Wie können wir erkennen, daß ein Ding A auf ein anderes B wirkt?“ — Unmittelbar interessiert ist der physikalische Unterricht an folgender Streitsache: NELSON wendet sich (S. 270) gegen die Stelle aus MACHS „Mechanik“, 5. Aufl., 1904, S. 141 f.: „Es wäre ein Anachronismus und gänzlich unhistorisch, wollte man die gleichförmig beschleunigte Fallbewegung, wie dies mitunter geschieht, aus der konstanten Wirkung der Schwerkraft ableiten. »Die Schwere ist eine konstante Kraft, folglich erzeugt sie in jedem gleichen Zeitelement den gleichen Geschwindigkeitszuwachs, und die Bewegung wird eine gleichförmig beschleunigte« Eine solche Darstellung wäre deshalb unhistorisch und würde die ganze Entdeckung in ein falsches Licht stellen, weil durch Galilei erst der heutige Kraftbegriff geschaffen worden ist.“ — Es sei mir hier die für mich auf immer denkwürdige Erinnerung gestattet: Als 1887 MACH mich zur Mitarbeit an vorliegender Zeitschrift einlud, teilte er mir mit, eine Stelle aus den österreichischen Realschulinstruktionen von 1879, die ich in der Vorrede meiner Unterstufe der Naturlehre von 1881 mit einer Art Begeisterung zitiert hatte, und die mit der oben angeführten teilweise wörtlich gleichlautend ist, rühe von ihm selbst her. Diese Gemeinsamkeit physikalisch-didaktischer Überzeugungen bildete dann zwischen MACH und mir ein bis heute nicht gelockertes Band, das unabhängig ist von MACHS philosophischer Neigung zu Humes sensualistischer Passivitäts-Philosophie und meiner Neigung zur Spontaneitäts-Philosophie Kants. Unabhängig von dieser Verschiedenheit unserer philosophischen Neigungen ist aber auch meine Stellungnahme für MACH, gegen NELSON, in der von diesem bemängelten Stelle. Die Manier, mit einer Behauptung über die Konstanz der Schwerkräfte zu beginnen und aus dieser dynamischen Voraussetzung das phoronische Fallgesetz erst zu deduzieren, war keine aus der Luft oder aus der Philosophie gegriffene Insinuation MACHS, sondern diese Manier machte sich in den damaligen Physiklehr-

büchern breit und gehörte mit zu meinen ersten und stärksten Eindrücken von der manchmal haarsträubenden Unlogik, mittels deren unsere Physiklehrbücher leider so oft und gern (z. B. durch Voranstellung der Lichttheorie vor die Lichterscheinungen — vgl. die folgende Besprechung der Schrift GRUNERS) die Denkinstinkte unserer Jugend verderben, statt sie zu läutern. Natürlich denkt NELSON bei seiner Verteidigung jenes *ποτέπον ποτέπον* nicht an die speziellen Interessen des Schulunterrichtes. Aber auch rein wissenschaftlich war es nicht nötig, gerade aus jenen Stellen einen Einwand gegen MACH abzuleiten. Denn nicht erst, wenn man eine „Entdeckungsgeschichte der Schwerkraft“ schreibt, sondern auch, wenn man von dem — sei es auf welchem Wege immer entdeckten — „Gesetze der Schwere“ rein sachlich reden will, muß jeder Schein vermieden werden, als hätte von einer Schwere als „konstanter Kraft“ eher geredet werden können, als die phoronische Konstanz der Beschleunigung aus der beobachtbaren Beziehung zwischen Zeit und Weg (durch zweimaliges Differenzieren, also *a priori*) abgeleitet war. NELSON selbst gibt das ja zu, indem er „die Eigenschaften der Fallbewegung“ den „Erkenntnisgrund“ nennt, der „zur Entdeckung der Konstanz der Schwerkraft führte“. Wenn er hinzufügt: „Dies schließt aber nicht aus, daß die konstante Schwerkraft die Ursache (den Realgrund) jener Eigenschaften der Fallbewegung bildet“, so befindet sich NELSON — gleich mir — wieder in einem sachlichen Gegensatz zu MACH, der eben an „Realgründen“ („Naturnotwendigkeiten“), speziell an „Ursache“ und an „Kraft“, die etwas anderes wären, als was bei Bewegungen auch schon das phoronische Wort „Beschleunigung“ bedeutet, überhaupt nicht glaubt. — Sehr scharf sind die Ausführungen gegen das „Prinzip der Denkökonomie“: „Nach diesem Prinzip lehrt uns ja die Naturforschung gar nichts über die Natur, sondern nur darüber, welche Annahmen über die Natur uns Denkarbeit ersparen; womit offenbar der Glaube an das wirkliche Stattfinden des dieser Annahme genau Widersprechenden auf das beste verträglich ist.“ NELSON führt als Beispiel RICCIOLI an, der hinsichtlich des kopernikanischen Systems zum Ergebnis kam, „daß die Anschauungen dieser Lehre zwar als falsch zu betrachten seien, da sie mit der überlieferten Wahrheit in Widerspruch ständen, daß sie aber nichtsdestoweniger zur bequemeren

Ausführung der Rechnungen höchst nützlich und brauchbar seien". — Die Wurzel der Einsprüche NELSONS gegen die metaphysikfreie Naturwissenschaft dürfen wir am Schluß der Abhandlung finden (S. 298): „Da die mechanischen Prinzipien nicht empirischen Ursprungs sind [wäre ihre apriorische Zuschärfung möglich ohne einen empirischen Ursprung? muß ich meinerseits einwerfen], ist es nur konsequent, wenn heute diejenigen, die rein empirisch verfahren wollen, die Grundgesetze der Mechanik selbst wieder in willkürliche Annahmen verwandeln, über deren Brauchbarkeit nur die größere oder geringere Bequemlichkeit zu entscheiden habe, mit diesen aber alle objektiven Kriterien wissenschaftlicher Wahrheit preisgeben und somit auf die vorgalileische Stufe der Wissenschaft zurückkehren.“

Die Abhandlung VIII untersucht mit größtem Scharfsinn das in der Mengenlehre viel behandelte Paradoxon von der „Menge aller Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten“.

Abhandlung IX verfolgt das für einen naturwissenschaftlichen Unterricht, der die Fühlung mit dem sich „humanistisch“ nennen den nicht verlieren oder sie wieder finden will, so überaus bedeutsame Thema bis in die Metaphysik und Kritik der Dinge an sich („Ein Ding, das unabhängig von der Art, wie wir es erkennen, [existiert oder] besteht, heißt ein Ding an sich“; S. 348) und bis zur Beziehung der Wissenschaft zur Religion.

Von der das vierte Heft und zugleich ein 27 Bogen starkes Buch bildenden Untersuchung NELSONS „Über das sogenannte Erkenntnisproblem“ kann hier nur mitgeteilt werden, daß es die paradoxe These „Unmöglichkeit der Erkenntnistheorie“ zum Gegenstand hat. Eine eingehende Besprechung werde ich in der „Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik“ geben. Hier nur so viel, daß unsere physikalischen Leser für einen großen Teil der internen Streitigkeiten zwischen den Philosophen seit KANT wenig Interesse haben dürften, sich aber eben deshalb durch jenes Paradoxon nicht um ihren Rest von Vertrauen auf Erkenntnislehre oder Erkenntnistheorie mögen bringen lassen. Denn was NELSON hier bekämpft, ist eigentlich nicht das, was man — unter Festhalten an der sonstigen Bedeutung des Wortes „Theorie“ (wie in Elektrizitätstheorie, Theorie der homerischen Epen) — unter „Theorie der Erkenntnis“ verstehen möchte, nämlich systematische Beschreibung und Erklärung der

Erkenntnistatsachen als solcher; sondern NELSON bekämpft — und dies auch nach meiner Ansicht mit Recht — alle hyperkritischen Versuche, die „objektive Gültigkeit der Erkenntnis“ sozusagen von außen her noch tiefer fundieren zu wollen, als es die einzelnen Wissenschaften nach bestem Wissen und Gewissen schon selber tun. — Ist das aber nicht Wasser auf die Mühle z. B. solcher Physiker, die in ihrer physikalischen Arbeit durch keinerlei Erkenntnistheorie irre gemacht oder sonst aufgehalten sein wollen? Gewiß, soweit die physikalische Facharbeit als solche freilich nicht Raum und Zeit läßt zu einer dilettierenden Beschäftigung mit unreifen erkenntnistheoretischen Reflexionen über das eigene Tun, über die physikalische Erkenntnispraxis. Warum sollte es aber daneben nicht Leute geben, die gerade für diese physikalische Erkenntnispraxis, für das kunstreiche Ineinandergreifen zahlreicher Erkenntnisvorgänge, deren Artikulation man gewiß ebensowenig auf den ersten Blick und Griff weg hat, wie z. B. die Artikulation des Gehirnbaues —, warum sollte es nicht Leute geben, die für diese und jede andere als fruchtbar bewährte Erkenntnispraxis sich ebenso aufrichtig und kräftig interessieren, wie z. B. der Elektrotechniker für die Artikulation eines Motors und der Physiker überhaupt für die Artikulation der physischen Phänomene und was etwa hinter den Phänomenen an Atom- und Elektronenbewegungen stecken mag, sich interessiert? Hier also nur soviel zur Beruhigung, daß NELSON die „Unmöglichkeit“ einer solchen „Erkenntnistheorie“ nichts weniger als bewiesen hat, vielmehr gerade zu ihr zahlreiche scharfsinnige Beiträge liefert. —

Wie oben bemerkt, wurde mir gleichzeitig mit den hiermit angezeigten Abhandlungen der Friesschen Schule auch SIMONS „Didaktik des mathematischen Unterrichtes“¹⁾ zu einer kurzen Berichterstattung in dieser Zeitschrift zugewiesen; also ein mit jenen Abhandlungen scheinbar in keinerlei Zusammenhang stehendes Buch. Aber SIMON ließ bald darauf ein Büchlein als „Erweiterung

¹⁾ Simon, Dr. Max, Oberlehrer am Lyzeum in Straßburg, Honorarprofessor der Kgl. Wilhelms-Universität, „Didaktik und Methodik des Rechnens und der Mathematik“, zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage, Sonderausgabe aus Dr. A. Bau-meisters „Handbuch der Erziehungs- und Unterrichtslehre für höhere Schulen“. C. H. Beck, München 1908.

der Einleitung in die Didaktik¹⁾) erscheinen, in welchem die Erweiterung wesentlich nach der philosophischen Richtung geht, und zwar als ein geradezu begeistert zu nennendes Bekenntnis zur Schule COHEN. Schon die „Didaktik“ sagt (S. 2): „H. COHEN hat in seiner „Logik der reinen Erkenntnis“ von 1902, welche seit KANT und BOLZANO die bedeutendste Philosophie der Mathematik enthält, darauf hingewiesen, daß auch bei Aristoteles die Kategorie Quantität der Frage: wie viel? und nicht der Frage: wie groß? entspricht.“ In der „Erweiterung“ (S. 4) sagt er: „Ohne mich mit den Resultaten des COHENschen Buches zu identifizieren, stelle ich es schon deshalb außerordentlich hoch, weil es mit eiserner Konsequenz die reine Erkenntnis möglichst von aller Psychologie der Zahl- und Raumbegriffe und damit von sinnlichen, anschaulichen Bestandteilen säubert.“ — Wird nun hieran gerade der Lehrer der Physik Freude haben — und gar wenn COHEN sich so merkwürdige Äußerungen über Thermometer und Barometer leistet, wie sie oben angeführt wurden? Natürlich hat vorliegende Anzeige weder den Zweck, gegen COHEN noch gegen SIMONS Schrift etwa von vornherein einzunehmen, wohl aber den, die Leser dieser Schrift zu orientieren, auf wie viele Richtungen innerhalb der Grenzgebiete der Physik, zu denen als besonders naheliegend die Mathematik und die Philosophie gehören, es Acht zu haben gilt. Speziell die Beziehung einer Didaktik der Mathematik und ihrer philosophischen Grundlagen zu der uns hier angehenden Didaktik der Physik macht zur dringendsten Frage die, wie sich SIMON zum Verlangen des physikalischen Unterrichtes nach einer für ihn möglichst anwendbaren Mathematik verhalte. Und da darf und muß wohl darauf hingewiesen werden, daß SIMON sich gegen die von der Unterrichtskommission der Naturforscherversammlung aufgestellte Forderung einer allen sinnlichen, anschaulichen Bestandteilen möglichst nahebleibenden Mathematik der Hauptsache nach ablehnend verhält. Er hat es auf dem Internationalen Mathematikerkongreß, Rom 1908, durch die Anwendung der LESSINGSchen Formel: „Das Neue nicht gut, das Gute nicht neu“ in doch wohl allzu summarischer Weise getan. Auf die mathematisch-didaktischen Einzelheiten

(z. B. das Eintreten SIMONS für COHENs Auffassung des Unendlichkleinen, die HESSENBERG als völlig antiquiert nachzuweisen sucht, a. a. O. S. 142—146 ff.) einzugehen, ist mir nicht nur dadurch verwehrt, weil dies schon aus dem Rahmen dieser Zeitschrift fielet, sondern auch dadurch, daß von mir selbst eine Didaktik des mathematischen Unterrichtes unter der Presse ist. Wohl aber sei es gestattet, noch einmal eine Berichtigung zur Geschichte der Psychologie und Relationstheorie aus nächster persönlicher Erinnerung hier festzuhalten: Der von SIMON mit schöner Pietät wiederholt zitierte BENNO KERRY (KOHN) hat die wesentlichsten der von SIMON beifällig angeführten und verwendeten philosophischen Leitbegriffe, so den der „psychischen Arbeit“, in mehrjährigen Gesprächen zu Anfang der 80er Jahre (ich hatte damals KERRY auf sein Straßburger Rigorosum aus höherer Mathematik vorbereitet) von mir empfangen. Namentlich für den Begriff des „indirekten Vorstellens“ und seine heute schon Gemeingut gewordene Zurückführung auf die Relationen habe ich KERRY hingewiesen auf MEINONGS 1882 in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie erschienene Relationstheorie. Auf diese Quelle müßte also auch SIMON fortan als auf die ursprüngliche des für alle Mathematik so unvergleichlich wichtigen und fruchtbaren Begriffes des indirekten, relativen Vorstellens hinweisen. Entwickelt doch SIMON eine stupende Gelehrsamkeit in allem, was gerade das Historische zur Mathematik und einschlägigen Philosophie betrifft. — Trennt uns also auch manches im Mathematisch-Didaktischen wie im Mathematisch-Philosophischen, so mache ich aber doch rückhaltlos den Wunsch der Schlußworte dieser zweiten Auflage zu dem meinigen: „Und somit übergebe ich diese zweite Auflage, das Ergebnis vierzigjähriger Lehrtätigkeit und einer Arbeitszeit, welche die Anhänger des Achtstundentages mit Abscheu erfüllen würde, dem Wohlwollen der Kollegen.“ A. Höyler.

Theorie und Hypothese im physikalischen Unterricht.¹⁾ „Es ist erstaunlich, wie unklar oft die Bedeutung der wichtigsten physikalischen Begriffe in den Köpfen derer ist, die doch auf eine gute naturwissenschaftliche

¹⁾ Simon, Dr. Max, „Über Mathematik. Erweiterung der Einleitung in die Didaktik“; Philos. Arbeiten, herausgegeben von Cohen und Natorp, II. Bd., 1. Heft. Gießen 1908.

¹⁾ Gruner P., a. o. Prof. der Physik in Bern, Über die Verwertung von Theorien und Hypothesen im physikalischen Unterricht. (Monatshefte für den naturwissenschaftlichen Unterricht aller Schulgattungen. B. G. Teubner, 1908.)

Bildung Anspruch machen dürften. — Wenn etwa ein Kandidat gefragt wird, was er unter Licht verstehe, so gibt er meistens die apodiktische Antwort: „Das Licht ist eine Ätherschwingung“, und auf die weitere Frage, was denn der Äther sei, heißt es gewöhnlich: „Der Äther ist eine äußerst feine, den ganzen Raum erfüllende Substanz“ — und dabei ist der Examinand überzeugt, eine unumstößliche Tatsache auszusprechen. Von einer auch nur angenäherten Unterscheidung dessen, was einerseits feststehendes empirisches Resultat, andererseits bloß theoretische Konsequenz oder endlich gar reine Hypothese ist, ist in der Regel nichts zu merken.“

Wer möchte leugnen, daß hier ein Zustand richtig geschildert ist, an dem sich wieder erkennen läßt, wie oft und leicht der physikalische Unterricht, statt den Schüler durch die Physik logisch zu schulen, die gesunden logischen Instinkte geradezu schädigt. Aber zugleich eine Zwischenfrage: Fängt in dem angeführten Beispiel die Unlogik erst beim Kandidaten an oder nicht vielmehr schon beim Prüfer? Wer heißt diesen überhaupt fragen, was der Physikschüler „unter Licht verstehe“? Die Frage steht didaktisch höchstens auf gleicher Höhe mit dem landläufigen: „Was wissen Sie von Ägypten?“ — „Was wissen Sie von der Schwefelsäure?“ Rein wissenschaftlich aber steht sie noch tief unter solchen Gemeinplätzen; denn von den richtigen Antworten „Unter Licht im eigentlichen (gegenstandstheoretischen — ungenau: psychologischen) Sinne verstehe ich den Gegenstand einer Lichtempfindung“ und „Unter Licht im übertragenen Sinne verstehe ich den physikalischen Erreger einer Lichtempfindung, und dieser Erreger ist nach den gegenwärtigen für mehr oder minder wahrscheinlich gehaltenen Lichttheorien und Hypothesen sehr wahrscheinlich eine Schwingung (viel wahrscheinlicher eine elektromagnetische als eine elastische)“ — von solchen „weitschweifigen“ Antworten läßt sich ja der physikalische Prüfer kaum selbst was träumen. Doch dies nur ganz nebenbei; denn schon der Schein einer Zumutung, man sollte sogar schon für das hausbackene Physikprüfen erkenntnistheoretisch nicht ganz unbelehrt sein, brächte viele Physiker und Physiklehrer noch vollends gegen die Erkenntnislehre auf.

Der Verfasser teilt solche Bedenken freilich nicht, sondern tritt kräftig für ein Anbahnen erkenntnistheoretischer Gedanken sogar schon bei den Anfängern selbst ein: „Es scheint uns, daß jedem Physikkursus

einige einleitende Worte vorangehen [?] sollten, die den Schüler über das Ziel, über die Grundlagen und über die Methoden der physikalischen Forschung genau orientieren. Sollte es aus didaktischen Gründen unpassend erscheinen, diese Punkte als Einleitung zu besprechen [so erschien es auch dem Referenten], so könnten sie wenigstens als abschließendes Gesamtergebnis gebracht werden [oder nach der Meinung des Ref. noch wirksamer, wenn sie geduldig bei jeder passenden Gelegenheit mit dem physikalischen Unterricht organisch verbunden werden]. Aber gar nicht davon zu reden und die großartigen Fragen, die sich hier darbieten, einfach ignorieren, das ist gewiß in unserer heutigen, wieder mehr philosophisch veranlagten Zeit nicht statthaft.“

Von den zwei Abteilungen: I. Ziel und Grundlagen und II. Methode dürfte letztere die wertvollere sein, und besonders wertvoll das ins Einzelne durchgeführte Beispiel des Reflexionsgesetzes (S. 25). Hier wird gezeigt, daß schon „die Aufstellung eines physikalischen Gesetzes ein hypothetischer Akt ist“, nämlich „eine Erweiterung bestimmter empirischer Resultate“. [Als ich dieselbe, wie mir scheint unwidersprechliche Ansicht im logischen Anhang zu meiner Physik (große Ausgabe S. 776) dadurch erläuterte, daß die einzelnen Beobachtungen beim Fallgesetz, graphisch gesprochen, immer nur einzelne Punkte der Kurve liefern können und somit das Verbinden dieser Punkte durch eine Kurve von der einfachen Formel $y = x^2$ oder $s = at^2$ schon nur einen von den unendlich vielen möglichen anderen Kurvenzügen, d. h. Ergänzungen der einzelnen Beobachtungen zu einem zusammenhängenden Gesetz, darstellen, wurde dieser meiner Auffassung von befreundeter physikalischer Seite beharrlich widersprochen.] Dem Aufstellen einer Hypothese in diesem Sinne läßt dann der Verfasser das Festlegen von Definitionen folgen; in seinem Beispiele für die beiden Begriffe Spiegel und Strahl, deren strengen Definitionen sich ebenso große als lehrreiche Schwierigkeiten entgegenstellen. Das Dritte ist schließlich die Ausführung der „reinen Theorie“. Diese wird beschrieben als ein „bloßes Gedankensystem, sie ist als solches immer richtig [?]; denn sie muß logisch korrekt aufgebaut sein, sie kann also nichts anderes sein als der richtige Ausbau der vorgelegten Grundannahmen“. Von der reinen Theorie (so „definieren wir jeden logisch korrekten Ausbau irgendwelcher scharf definierter Grundannahmen“) unterscheidet

der Verfasser die „allgemeine Theorie“ (so „definieren wir die logische Ausarbeitung einer Anzahl gegebener empirischer Tatsachen“). Würde man aber hier nicht eher die Bezeichnung „spezielle Theorie“ erwarten, anstatt „allgemeiner“? Doch viel wichtiger ist, daß wieder das scharfe Auseinanderhalten zweier Arten von Theorien, einer auf empirische Tatsachen, einer auf bloße „Annahmen“ gerichteten, durchaus zusammenstimmt mit der erkenntnistheoretisch grundlegenden Unterscheidung zwischen empirischer und apriorischer (gegenstandstheoretischer) Betrachtungsweise; und dieses Zusammenstimmen ist für den Erkenntnistheoretiker eine um so willkommene Be stätigung, als sie sich dem Verfasser ganz aus der physikalischen Erkenntnispraxis, ohne philosophische Voreingenommenheit oder Vor kenntnis, aufgedrängt hat.

Gegen manche Sätze des ersten Teiles wären Einwendungen zu erheben. Z. B.: „Im physikalischen Unterricht werden wir immer von jenen drei Grundbegriffen: Raum, Zeit und Substanz (deren nähre Qualifizierung als Materie oder als Energie [?] vorerst freigestellt bleibt) ausgehen müssen.“ Hier ist

„Substanz“ in einem Sinne verwendet, der die vom Verfasser aufgestellte „Warnungstafel: „Achtung vor Metaphysik!““ nicht genügend beachtet. Raum und Zeit sind phänomenal, Substanz schon kategorial. [In meiner Physik habe ich neben Raum und Zeit als „drittes Grundphänomen der Mechanik“ die Spannung genannt.] Ähnlich unbefriedigend sind die Sätze: „Der Kraftbegriff ist nur eine bestimmte Formulierung des Kausalgesetzes; anstatt von der Ursache einer Bewegung oder sonstigen physikalischen Veränderung zu reden, sprechen wir von einer „Kraft“, die diese Erscheinung erzeugt. Der metaphysische Begriff der Ursache ist damit durch das anschaulichere, anthropomorphe Bild einer Kraft ersetzt.“ Aber ist für das $p = mg$ alles Anthropomorphe mehr als ein leicht abzuziehendes Kleid?

So müßte nach dem Gefühl des Referenten das für jeden Lehrer anregende Material der vorliegenden Abhandlung erst noch einmal einer durchgängigen erkenntnistheoretischen Sichtung unterzogen werden, damit auch schon die angeregten Fragen nicht als zum Teil wenigstens philosophisch ein wenig schief gestellt an den Schüler herantreten. A. Höfler.

4. Unterricht und Methode.

Beschränkung des Unterrichtsstoffes zugunsten intensiverer Schulung im physikalischen Denken. Über dieses Thema hat Direktor F. Bohnert auf der Pfingstversammlung des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in Göttingen 1908 einen Bericht erstattet. Wir verweisen bezüglich des Wortlauts des Berichts auf den Abdruck in den „Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften“ 1908, Nr. 5, und heben hier nur die Hauptpunkte heraus. Der Vortragende erklärte: „Eine Beschränkung des physikalischen Lehrstoffs zugunsten einer tiefer eindringenden, durch spezifische Mittel allgemeinbildend wirkenden Behandlung der Physik ist notwendig“ (*Leitsatz 1*). „Deshalb muß in jedem Konflikt zwischen der Fülle des zu bewältigenden Stoffes und der Gründlichkeit seiner Ausnutzung die Beschränkung des ersteren zugunsten des letzteren eintreten“ (*Leitsatz 2*). Die Stoffauswahl soll vermitteln: „eine qualitative und quantitative Kenntnis wichtiger Naturerscheinungen und Gesetze auf Grund eigener Beobachtungserfahrungen; einen Einblick in die wissenschaftliche Arbeitsmethode der Naturwissenschaften, in die Art ihrer

Begriffsbildung, ihrer Schlußweisen, ihrer letzten und allgemeinen Prinzipien; eine historische Darstellung der Entwicklung von Vorstellungen, die gestaltend auf die Weltanschauung oder auf die Lebensführung der Kulturvölker gewirkt haben (hierher gehört auch eine Berücksichtigung der Erfolge der Technik); endlich eine Darbietung von Problemen erkenntnistheoretischer Bedeutung (Grenzen und Bedingtheit unserer Naturerkenntnis“).

Die Frage, ob eine Trennung des Unterrichts in Oberstufe und Unterstufe notwendig sei, wird bejaht, aus äußeren sowohl wie aus inneren Gründen; in letzterer Hinsicht wird namentlich darauf hingewiesen, daß bei physikalischen Erscheinungen fast stets mehrere, den Verlauf bedingende Faktoren auftreten, deren sichere Unterscheidung eine vorherige propädeutische Behandlung voraussetzt und notwendig macht. Selbst die auf Beschränkung des Stoffs abzielende Unterstufe der Naturlehre von Poske enthalte indessen noch zu viel Stoff. Man müsse sich mit der Tatsache vertraut machen, daß es nicht möglich sei, auf der Unterstufe einen Überblick über die Physik zu geben, ohne

den Schüler zu Oberflächlichkeit und bloßem Wortwissen zu verleiten; es könne sich nur darum handeln, die eigenartigen erzieherischen Wirkungen der naturwissenschaftlichen Arbeitsmethode an wohlausgewählten Beispielen zur Geltung zu bringen. Für die Art der Beschränkung auf der Unterstufe böte der neue bayrische Lehrplan für Oberrealschulen (d. Zeitschr. 20, 331 ff.) „ein anerkennenswertes Beispiel“ (*Leitsatz 3*). Charakteristisch für diesen Plan sei die obligatorische Einführung von Schülerübungen schon auf der Unterstufe; eine solche Einfügung von verbindlichen, in organischer Verbindung mit dem Unterricht stehenden, in die lehrplanmäßige Unterrichtszeit fallenden Schülerübungen sei in Hamburg an der Oberrealschule vor dem Holstentore seit Ostern 1905 verwirklicht. Auch die Einführung dieser Übungen zwinge dazu, den Unterrichtsstoff einzuschränken; der Umfang der Kenntnisse werde bei einem solchen Unterrichtsbetrieb abnehmen, aber die Wertschätzung dieser Kenntnisse und das Verständnis für physikalische Vorgänge werde zunehmen.

Auf der Oberstufe kann die Beschränkung erreicht werden „a) durch Ausschaltung desjenigen Stoffes, dessen Behandlung mehr eine mathematische Übung als einen Zuwachs an physikalischer Einsicht bedeutet; b) durch Ausschaltung ganzer Abschnitte, die zwar an sich wichtig, aber nicht Grundträger der Einheitlichkeit physikalischer Anschauung sind; c) durch eine „rein“ physikalische, knappe Behandlung des Stoffes, die sich in den Anwendungen mit dem Hinweis auf das dieselben beherrschende physikalische Prinzip begnügt“ (*Leitsatz 4*). Im besonderen nennt der Vortragende als solche Abschnitte, von denen der eine oder andere wegbleiben könnte, aus der Wärmelehre die Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Wärmeströmung, die Verflüssigung der Gase, die meteorologischen Erscheinungen; aus der Optik möge man einmal die Linseninstrumente fortlassen, ein anderes Mal die Photometrie und die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit. Im Galvanismus könne man bei einer Generation das Eingehen auf die Entwicklung der Dynamomaschine, bei einer anderen die praktischen Verwendungen der chemischen Stromwirkung (abgesehen von den Akkumulatoren) vermeiden, ferner die Hydromechanik bis auf Druckfortpflanzung, Auftrieb und kommunizierende Röhren. Zur Diskussion stellt der Vortragende auch, ob man nicht unter Umständen auf die Behandlung der gesamten

Wellenlehre oder auf die der Zentralbewegung und alles dessen, was sich an diese Lehre anschließt, verzichten dürfe. Die unter c) aufgestellte Forderung wird durch Beispiele aus der Behandlung der Dynamomaschine und der Dampfmaschine erläutert.

Als Gegengewicht gegen solche Knappheit wird „die monographische eingehende Behandlung weniger ausgewählter Abschnitte auf jeder Klassenstufe“ für notwendig erklärt (*Leitsatz 5*). „Die Auswahl und Behandlung dieser Abschnitte ist so zu treffen, daß die spezifischen Wirkungen des physikalischen Unterrichts: „Entwicklung der Fähigkeit zum Beobachten und Schließen, Einblick in den Wert naturwissenschaftlicher Arbeitsmethode, Einsicht in die Bedeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnis für Weltanschauung und Kulturleben, Verständnis für den Werdegang und die Grenzen dieser Erkenntnis“ sämtlich zur Geltung kommen“ (*Leitsatz 6*). So wird z. B. für Obersekunda die Bestimmung des spezifischen Gewichts von festen, flüssigen und gasförmigen Körpern empfohlen, wobei die Zuverlässigkeit physikalischer Meßmethoden geprüft und in helles Licht gesetzt werden kann; oder die Erforschung der qualitativen Gesetze der Wärmestrahlung durch eine Reihe sicherer Versuche mit Loosers Thermoskop; für Unterprima das Thema der Beleuchtungsmittel in technischer und photometrischer Hinsicht, oder die Erscheinungen der physiologischen Optik mit Rücksicht auf die daran anschließenden psychologischen Probleme. Für Oberprima wird eine historische Darstellung der Entwicklung unserer Ansicht vom Weltgebäude im Anschluß an die Lehre von der Zentralbewegung empfohlen. Als weitere Gebiete für die experimentelle Behandlung durch den Schüler selbst werden genannt: der Strahlengang des Lichtes durch Platten und Prismen (Stecknadelversuche), elektrischer Widerstand, Kraftlinienbilder; mehr für die Behandlung durch den Lehrer eignen sich: Spektralerscheinungen, Wechselwirkungen von Magneten und Strömen auf Grund der Kraftlinienbilder. Von technischen Gegenständen werden erwähnt: Vergleich von Dampfmaschine mit Heißluftmaschine, Gasmotor und Turbine, die Dynamomaschine als Stromerzeuger und Motor, die stromanzeigenden elektrischen Instrumente. Zu historischer Behandlung fordern die Lehre vom Luftdruck, die Verflüssigung der Gase, das mechanische Wärmeäquivalent auf. Philosophisch fruchtbar könne der Satz von den Umwandlungen der Energie gemacht werden,

wenn man die umkehrbaren und nicht umkehrbaren Prozesse hinzunehme, ferner die Grundlagen des absoluten Maßsystems; die Entwicklung des Beharrungsgesetzes sei ein Paradebeispiel logischer Abstraktion. —

„Zur Erreichung aller bezeichneten Ziele sind neben theoretischem und Demonstrationsunterricht Schülerübungen notwendig. Dieselben müssen an bestimmten Stellen das Fundament des Unterrichts bilden, können an anderen Stellen zurücktreten und vertragen eher auf der Oberstufe als auf der Unterstufe eine Beschränkung“ (*Leitsatz 7*). Hierzu führt der Vortragende aus, daß der Vorschlag von H. HAHN, gelegentlich bei diesen Übungen das sogenannte Verfahren des allseitigen Angriffs anzuwenden (*d. Zeitschr. 21, 73—79*), „verkehrt“ und „ein Mißgriff“ sei¹⁾. Denn „entweder ist die Durcharbeitung einer Frage so wichtig, daß eine Schülerübung nötig ist, dann sollen alle Schüler sich ihr unterziehen, oder es genügt eine Demonstration, und dann macht sie besser der Lehrer, indem alle Schüler ihm zuschauen, als daß die Schüler genötigt sind, sie beiläufig in den Nachbargruppen zu erhaschen“. —

Wir behalten uns eine eingehende Erörterung der von dem Vortragenden behandelten wichtigen Fragen für eine andere

¹⁾ Der Vortragende glaubt sich zu so scharfen Ausdrücken berechtigt, weil H. Hahn in dem angeführten Aufsatz einige kritische Bemerkungen von nicht annähernd ähnlicher Schärfe gemacht hat. Ist es wirklich ein so schwerer Vorwurf, wenn Hahn den Anhängern der „regellosen Arbeitsweise“ nachsagt (*a. a. O. S. 74*), sie hätten gar nicht erkannt, daß auf der Hochschule und auf der Schule die Fragestellung bei den Versuchen ganz verschieden ist? Geht nicht das Hauptbestreben in der Schülerübungsfrage gerade dahin, das Verfahren bei diesen Übungen von der Tradition der Hochschulpraktika unabhängig zu machen? Und ist es ferner einem Pfadsucher wie Hahn zu verdenken, wenn er (*a. a. O. S. 76*) in der Freude des Findens seine Lösung als die wahre Lösung der Aufgabe bezeichnet — wohlverstanden nicht der generellen Aufgabe, sondern der spezielleren, zwischen der „regellosen“ Arbeitsweise und dem Arbeiten in gleicher Front eine Zwischenform zu suchen, die gelegentlich eine raschere Durcharbeitung des Programms ermöglicht? Herr Bohnert hätte demgegenüber weniger empfindlich sein können, zumal er selbst gleich darauf zugibt, daß hier, wie auch sonst in der Physik, jede Methode ihre eigenen Vorzüge und ihr besonderes Anwendungsbereich habe.

Gelegenheit vor und beschränken uns darauf, einige bemerkenswerte Einzelheiten aus der an den Vortrag angeschlossenen Diskussion hervorzuheben.

In der Lehrbuchfrage wurde von mehreren Seiten (GÖTTING, GRIMSEHL, HEYNE, POSKE) betont, daß der Stoff des Lehrbuchs nicht in dem Maße eingeschränkt werden dürfe, wie dies für den Unterricht unter Umständen unumgänglich sei; das Lehrbuch müsse insofern vollständig sein, als es alles zu enthalten habe, was aus sachlichen und methodischen Gründen geeignet sei, in der Schule behandelt zu werden; anderenfalls sei eine allzu große Gebundenheit für den Lehrer zu fürchten. Von anderer Seite (NOACK, BODE) wird davor gewarnt, dem Lehrer bzw. dem Lehrerkollegium eine zu weitgehende Freiheit der Auswahl zu lassen; es empfehle sich vielmehr, einen Kanon derjenigen Tatsachen und Gebiete aufzustellen, die für die einzelnen Schulgattungen das Mindestmaß der in allen Fällen zu erwerbenden positiven Kenntnisse umfassen. — RIECKE (Göttingen) ist dafür, dem Schüler wenig, aber das Wenige gründlich zu geben. Die Hochschule dagegen müsse dem Schüler etwas anderes bieten, als was er auf der Schule schon gehabt habe; der experimentelle Vortrag sei zu verbinden mit einer propädeutischen Behandlung der theoretischen Physik, und dabei sei Differential- und Integralrechnung anzuwenden, wo es nur gehe. Das Hörermaterial auf der Hochschule sei noch zu verschieden; der Schulunterricht müsse so weit gefördert werden, daß den Medizinern das Hören der Physik an der Hochschule erlassen werden könnte. — POSKE führt aus, daß „physikalisches Denken“ auch die Fähigkeit bezeichne, physikalische Anschauungen, Begriffe und Gesetze auf die Wirklichkeit anzuwenden; dazu gehöre zweifellos eine gewisse Vollständigkeit der physikalischen Kenntnisse, oder kurz gesagt: physikalisches Wissen. Die Erwerbung dieses Wissens scheine ihm in Bohnerts Vorschlägen zu sehr zugunsten einer mehr methodischen Schulung zurückgedrängt zu sein. So dürfen auf der Oberstufe so wichtige Gebiete wie die Wellenlehre oder die Lehre von der Wärmestrahlung nicht ausfallen, denn ohne Kenntnisse hiervon sei eine einheitliche Naturauffassung unmöglich; auch die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit sei nötig, da sie mit großen kosmischen Gesamtanschauungen verknüpft sei. Dies beweise, daß das von Bohnert aufgestellte Prinzip nicht als zreichendes Kriterium für die Entbehrlichkeit

oder Unentbehrlichkeit einzelner Teile des Lehrstoffes brauchbar sei. Gebe man unbedingt und in jedem Falle der Gründlichkeit den Vorzug auf Kosten des Umfangs des Wissens, so liege die Gefahr nahe, daß der Unterricht in eine kleine Zahl von Spezialuntersuchungen auslaufe, die zwar auch in hohem Grade bildend sein könnten, bei denen aber die Einheitlichkeit des Weltbildes verloren gehe. Auch Leitsatz 6 enthalte nur formale, im wesentlichen die Erkenntnisgewinnung betreffende Prinzipien; es fehlen die beiden materialen Prinzipien, daß es einerseits auf ein klares und sicheres Wissen von den physikalischen Dingen ankommt, und daß andererseits die Darlegung des einheitlichen Zusammenhangs der Gesamtheit der Naturerscheinungen, zunächst innerhalb des Gebietes der anorganischen Natur, eine Hauptaufgabe des Unterrichts bleiben muß. —

In der Abstimmung werden die Leitsätze 1, 2, 6 mit allen gegen sechs Stimmen angenommen, dazu noch der folgende, im Laufe der Diskussion von BOHNERT vorgeschlagene Satz: „Die Durchführung dieser Gesichtspunkte im einzelnen steht im pflichtmäßigen Ermessen der Lehrerkonferenz. Die Veröffentlichung und Begründung der an den einzelnen Anstalten getroffenen Bestimmungen ist erwünscht.“

Im Anschluß an Leitsatz 7 erklärt HAHN, daß SCHWALBE in Berlin schon 1892 die Schülerübungen auf der Unterstufe (U II M) eingeführt habe; diese Übungen seien nur dem Namen nach wahlfrei gewesen, schon im Winter

1892/93 hätten alle Schüler der Klasse daran teilgenommen, und seit 1901 würden sie durch Herkommen tatsächlich wie verbindliche Stunden gehandhabt. Empfehlenswerter als die monographische Behandlung sei die Zerlegung des Lehrstoffes in Problemreihen, eine der wichtigsten Aufgaben, die der Physikunterricht noch zu lösen habe. Bezuglich des Verfahrens des „allseitigen Angriffs“ bei den Schülerübungen sei die Verurteilung durch Herrn Bohnert jedenfalls verfrüht; man würde aus weiteren Veröffentlichungen klar ersehen, in welchen Fällen er das Verfahren anwende, und wo er selbst es für verwerflich halte. — B. SCHMID (Zwickau) regt an, daß bezüglich der Grenzgebiete von Physik und Chemie (Elektrolyse, Osmose) eine Verständigung herbeigeführt werden möge. Der Chemiker und der Biologe sähen in der Physik eine Naturwissenschaft von zentraler Stellung, weil sie die allgemeinen Gesetze für alle Naturvorgänge aufstelle und allen naturwissenschaftlichen Fächern den inneren Zusammenhang gebe. Man könne daher auch von dem Physiker verlangen, daß er von seinem Standpunkt aus die Kenntnis dieser Grenzgebiete vorbereite. Aufgabe des Chemikers, Biologen usw. sei es dann, diese Kenntnis zu vertiefen und auf den einzelnen Fall anzuwenden. —

Schließlich werden die Leitsätze 3, 4, 5, 7 des Vortragenden als schätzenswerter Beitrag zur Lösung der behandelten Frage von der Versammlung anerkannt.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Das Flugmaschinenproblem und die bisherigen Schritte zu seiner Lösung¹⁾. Der Wunsch zu fliegen hat von alters in der Menschheit gelegen, und gleichwie die Sage von Dädalus und Ikarus berichtet, hat man auch später versucht, dies in Nachahmung der Natur durch künstliche Flügel zu ermöglichen, wie solche in äußerst sinnreicher Konstruktion u. a. von LEONARDO DA VINCI ersonnen worden sind. Eine Nachahmung der Natur ist aber nur möglich, wenn man die Natur selbst genau kennt, deshalb hat die Konstruktion solcher Flügelapparate die genaue Kenntnis des Vogelfluges zur Voraussetzung, die erst in neuerer Zeit MAREY in Paris und O. ANSCHÜTZ mit Hilfe der Augenblicksphotographie gelungen ist; dabei ergab sich, daß die Flügel spitzen im Fluge eine

cykloidenförmige Schleifenbahn beschreiben, deren Rollkreisbasis oberhalb liegt, so daß die Flügel bei nach rechts führender Flugrichtung die Schleifen entgegen dem Uhrzeiger durchlaufen, in tiefster Lage also vorwärts gehen. Die bei Ruhe rückwärts gekrümmten Flügel spitzen erscheinen beim Fluge vorwärts gebogen, befinden sich also im Zustande einer Spannung, und zwar infolge des Niederschlagens, und indem diese als elastisch verschwindet, treibt sie den Vogel vorwärts (BUTTERSTEDTS Flugprinzip). Man erkennt, daß die Bewegung der Flügel eine wenig einfache, ihre Nachahmung durch eine rein mechanische Konstruktion demnach schwierig ist, und wenn man noch berücksichtigt, daß die Flügelschläge nicht unter sich gleich sein dürfen, sondern den Bewegungen der Luft Rechnung tragen müssen, kommt man unschwer zu der Überzeugung

¹⁾ Originalbericht. Nachdruck verboten.

der Unzweckmäßigkeit von Flügelfliegern, gleichgültig, ob man zu deren Bewegung Menschenkraft oder Motoren verwenden will.

Zu brauchbaren Flugapparaten gelangt man dagegen auf einem anderen, rein physikalischen Wege. Ein gewöhnlicher Drachen erhält durch Festgehaltenwerden mittelst einer Schnur eine Bewegung relativ zu der über die Erde streichenden Luft, mit der er ohne dies einfach treiben und dabei der Schwere folgend sinken würde; durch passende Schrägstellung der Drachenfläche zur Strömungsrichtung der Luft erreicht man, daß der Drachen gehoben bzw. in der Höhe gehalten wird. Wäre der Drachen frei, dann würde cet. par. dieselbe Hub- bzw. tragende Komponente vertikal aufwärts entstehen, wenn man ihm dieselbe Relativgeschwindigkeit gegenüber der Luft erteilen könnte wie vorher, d. h. wenn man ihn mit eigenem Antriebe versähe. Dazu muß aber der Drachen eine Umbildung erfahren, und bei deßbezüglichen Versuchen kam HARGRAVE auf seinen vielbenutzten Kastendrachen. Ein freier, nicht an die Erde gefesselter Motordrachen ist nun aber manigfachen Einflüssen ausgesetzt, deren Einwirkung vorerst zu studieren ist, was am besten schrittweise bei anfangs geringen Geschwindigkeiten geschieht, und solche kann man schon erhalten, wenn, genügende Größe vorausgesetzt, eine Person den Drachen faßt und mit ihm einen Abhang hinab gegen den Wind läuft, bis sie sich getragen fühlt. Diese Methode wandte zuerst der Ingenieur Orto LILIENTHAL, der Vater der modernen Flugtechnik, mit Erfolg an. Er fand, daß für einen Menschen normalen Gewichtes $\approx 14 \text{ m}^2$ Tragfläche nötig sind, zerlegte dann zur Verbesserung der Stabilität und Regierbarkeit die Fläche in 2 übereinanderliegende, sog. Doppeldecker, und wollte gerade, durch jahrelange Versuche genügend vorbereitet, zum Motorflug übergehen, als er am 9. August 1896 tödlich verunglückte. LILIENTHAL ist der erste Mensch, der wirklich geflogen ist, in seine Fußstapfen traten P. S. PILCHER in England, der ebenso verunglückte, FERBER in Frankreich, CHANUTE & HERRING in Amerika, aber ihre Versuchsergebnisse wurden weit überholt durch die Brüder WILBUR und ORVILLE WRIGHT aus Dayton (Ohio, U. S. A.), die ebenfalls ganz nach dem Muster Lilienthals vorgingen. Sie verwendeten von vornherein Doppeldecker mit gestreckt rechteckigen Tragflächen, auf deren unterer der Fahrer bäuchlings lag, brachten daran kleine Höhensteuer vorn

und Seitensteuer hinten an, probierten die Apparate erst als Drachen am Kabel auf Stabilität, dann erst bestiegen sie sie selbst. Die Tragfläche wurde ständig vergrößert und betrug 1903, als sie einen Motor in den sonst unveränderten Apparat einbauten, 58 m^2 ; damit war eine Flugmaschine wirklich geschaffen, deren Gesamtgewicht 273 kg betrug, aber die damit erhaltenen Ergebnisse wurden mit dem Schleier des Geheimnisses umgeben, und man erfuhr nur, daß die WRIGHTS im September 1904 schon geschlossene Kurven fahren konnten und am 5. Oktober rund 40 km in 38 Min. 3 Sek, zurückgelegt hätten. Da sie den Apparat in Fahrt nur zeigen wollten, wenn man ihn vorher gekauft hätte, was die angegangenen Staatsbehörden natürlich sämtlich ablehnten, so blieben ihre wahren Leistungen immer noch problematisch, dafür traten aber in Frankreich namentlich H. FARMAN und DELAGRANGE erfolgreich hervor, nachdem erst am 23. Oktober 1906 SANTOS DUMONT den ersten einwandfreien Motorflug von 220 m ausgeführt hatte. Auch der FARMANSche Flieger ist ein Doppeldecker, dem in der Mitte der unteren Fläche Fahrersitz, Motor mit Benzintank und dahinter die Schraube eingebaut sind; davor befindet sich das kleine Höhensteuer, das Seitensteuer dagegen, zwischen 2 kleinen Tragflächen angebracht, bildet eine Art Schwanz. Der Motor von BUCHET leistet 50 PS., das Gesamtgewicht des Apparates beträgt 500 kg. FARMANS bedeutendste Fahrten sind die vom 30. Mai 1908 über 1241 m in 7 m Höhe mit ARCHDEACON an Bord, also mit einem Passagier, und vom 30. Oktober 1908 von Chalons nach Rheims, 30 km in 17 Min., entsprechend 78 Stundenkilometer, in Höhe bis zu 50 m über Bäume, Ortschaften und Gehöfte; nebeu ihm hat DELAGRANGE Erfolge zu verzeichnen, der am 30. Mai 1908 in Rom unter Kontrolle einen Flug von $12\frac{3}{4}$ km in 15 Min. 25 Sek. machte. Beide Apparate können überall auffliegen, da sie leichte gut gefederte Räder besitzen, auf denen sie nach Anstellen des Motors über den Boden laufen, bis durch Kompression der Druck der Luft gegen die Tragflächen gleich dem Gesamtgewichte geworden ist; ebenso können sie beim Herabkommen gut auslaufen. Inzwischen sind aber auch die WRIGHTS aus ihrer Zurückhaltung herausgetreten und haben, ORVILLE in Amerika, WILBUR in Frankreich, öffentlich zahlreiche Flüge unternommen. ORVILLE erreichte am 9., 10., 11. und 13. September 1908 Flugzeiten von bzw. $57\frac{1}{2}$ Min., 62 Min., 70 Min. und

74 Min., stürzte aber am 18. September bei einem Fluge zu zweien aus 75 Fuß Höhe ab, wobei er schwer verletzt, sein Begleiter getötet wurde. WILBUR legte am 16. September in Le Mans 40 km in $39\frac{1}{2}$ Min., nach weiteren Flügen wachsender Dauer am 18. Dezember 1908 in 114 Min. (fast 2 Stunden) 99 km zurück, erreichte an demselben Tage, nachdem es ihm schon am 16. gelungen, bis 90 m aufzusteigen, 115 m Höhe und führte am 7. Oktober 1908 auch den bisher längsten Flug von 2 Personen aus, $86\frac{1}{2}$ Min. (fast $1\frac{1}{2}$ Std.), 70 km in $2+25$ m Höhe und am 31. Dez. 1908 allein einen solchen von **127 km in 144 Min.**, entsprechend etwa der Strecke Berlin—Magdeburg. Die WRIGHTSche Flugmaschine vermag nicht ohne weiteres überall aufzusteigen; sie hat zwei Schlittenkufen und wird auf einen kleinen zweirädrigen Wagen gesetzt, der auf Schienen läuft und mittelst eines fallenden Gewichtes bewegt wird, eine förmliche Startmaschine, die in neuerer Zeit entbehrlich geworden ist; den Antrieb liefern 2 Schrauben mit entgegengesetzter Drehung, hinten rechts und links, von denen eine mittelst einer gekreuzten Kette angetrieben wird (!), deren Mittelstrecken in Rohren geführt sind; der Unfall ORVILLES ist auf das Vorhandensein zweier Propeller zurückzuführen, da nämlich der eine brach, und nun der andere weiterarbeitend den Flieger umkippte. Neben den Mehrdeckern baute man auch Eindecker, Monoplane, wie z. B. die von VUIA und von BLÉRIOT, welch letzterer am 31. Oktober 1908 einen freien Rundflug von 25 km ausgeführt hat.

Haben die Drachenflieger bewundernswerte Erfolge aufzuweisen, so gibt es doch noch andere Typen, die auch schon gebaut, aber noch nicht hinreichend geprüft sind. Wie die Lenkballs und Gleitboote, auch die Flieger zeigen, vermag man sich in der Luft mittelst Schrauben wagerecht fortzubewegen, warum also nicht auch in vertikaler Richtung; dann brauchte man eigentlich keine Tragflächen mehr. Diese Überlegung führt zu den Schraubenfliegern, welche an das bekannte Spielzeug des Schraubenkreisels anknüpfen. Würde man einen Motor einfach in ein leichtes Gestell bauen und ihn eine große wagerechte Luftschaube drehen lassen, so würden einfach Motor und Schraube sich gegeneinander, dem der Drehung entgegenstehenden Widerstände entsprechend, drehen, aber von einem Emporsteigen nichts zu merken sein, sondern dies erst dann, wenn man am Gestell große

radiale Widerstandsflächen anbrächte. Ein solcher Einschraubenflieger ist die Flugmaschine von GANSWINDT, besser dagegen ist es, zwei wieder gegenläufige Hubschrauben zu benutzen; zur Fortbewegung kann man dann eine dritte besondere kleinere Treibschraube benutzen, oder man kann auch die Achsen der Hubschrauben nach vorne neigen. Solche Apparate bieten aber viel größere Gefahren als die Drachenflieger, da sie nicht wie diese bei plötzlichem Aufhören der Motor-tätigkeit wie Fallschirme herabgleiten können; will man dies haben, dann muß man besondere Flächen zu diesem Zwecke anbringen. Schraubenflieger oder „Helikopteren“ sind mehrfach gebaut, so u. a. noch von DUFaux, in neuerer Zeit von BERTIN, letzterer mit 2 zweiflügeligen Hubschrauben von 2,8 m Durchmesser und 2500 U. i. d. Min. und einer zweiflügeligen Treibschraube von $\sim 2,0$ m Durchmesser und 2500 U. i. d. Min., getrieben von einem 150PS=8Zylindermotor von 1250 U.

Endlich sind noch die Schaufel- und Segelradflieger zu erwähnen. Erstere sind gewissermaßen Drachenflieger, welche durch seitliche Schaufelräder fortbewegt werden, deren Schaufeln selbsttätig mit ihrer Ebene jeweils beim Vorwärtsgang in der Fahrtrichtung, bei Rückgang quer dazu stehen, ganz entsprechend den Rädern mit sich verstellenden Schaufeln an Dampfschiffen. Bei den Segelradfliegern, deren Hauptverfechter Prof. WELLNER in Brünn ist, dienen die mit ihrer Drehungssachse in der Fahrtrichtung seitlich des Flugschiffkörpers angeordneten Räder mit dementsprechend sehr breiten inschrägstehende Teilstücken zerlegt und ebenfalls bei der Drehung selbsttätig ihre Einstellung ändernden Schaufeln gleichzeitig zur Fortbewegung und zum Tragen des Ganzen. Versuche mit ausgeführten Apparaten dieser Art sind mir nicht bekannt und ancheinend auch bisher nicht angestellt.

Zusammenfassend muß man sagen, daß auch das früher ebenfalls für unlösbar gehaltene Problem der Flugmaschine in neuester Zeit seine Lösung wirklich gefunden hat, wenn auch für Verbesserungen und Vervollkommenungen noch ein weiterer Spielraum bleibt; das Jahr 1908 bedeutet wie für die Luftschiffahrt so auch für die Flugmaschinentechnik einen Wendepunkt, da in ihm die ersten stundenlangen Flüge eines Einzelnen wie längere Flüge mit einem Passagier außer dem Fahrer in Flugapparaten schwerer als die Luft gelungen sind. *Biegon von Czudnochowski.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die moderne Theorie der physikalischen Erscheinungen (Radioaktivität, Ionen, Elektronen). Von AUGUSTO RIGHI. Aus dem Italienischen übersetzt von B. Dessau. Zweite Auflage. Mit 21 Abbildungen. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1908. 253 S. Geb. M 4,80.

Die Schrift, deren erste Auflage 1905 erschien (vgl. diese Zeitschr. 19, 129), ist in dieser zweiten beträchtlich erweitert, wie es der reißend schnelle Fortschritt auf dem behandelten Gebiet fordert. Den Umwandlungen der radioaktiven Atome ist diesmal ein besonderes, umfangreiches Kapitel gewidmet. Die Literatur ist mit 202 Nummern berücksichtigt; in Anbetracht der Schwierigkeit, aus der zerstreuten Literatur ein zusammenhängendes Bild der neueren Entdeckungen zu gewinnen, wird vielen die mit großer Sachkenntnis geschriebene Schrift willkommen sein.

P.

Physikalische Musiklehre. Eine Einführung in das Wesen und die Bildung der Töne in der Instrumentalmusik und im Gesang. Von Dr. Hermann Starke, a. o. Professor an der Universität Greifswald. Leipzig, Quelle & Meyer, 1908. 232 S. M 3,80; geb. M 4,20.

Das Buch erfüllt seinen im Titel angegebenen Zweck auf das trefflichste, es ist in einer leicht verständlichen Sprache geschrieben und behandelt die musikalische Seite der Akustik ausführlicher, als es in rein physikalischen Büchern zu geschehen pflegt. Die neueren Kontroversen über Konsonanz und Dissonanz werden recht klar dargelegt und zumeist zugunsten der Helmholtzschen Auffassung entschieden; in der Frage der Stumpfschen Tonverschmelzung enthält der Verfasser sich des abschließenden Urteils. Das Buch wird sicher auch vielen Physiklehrern willkommen sein.

P.

Die Energie. Von Professor Dr. W. OSTWALD. (Wissen und Können. Sammlung von Einzelschriften aus reiner und angewandter Wissenschaft, herausgegeben von B. Weinstein, Bd. I.) 167 S. M 4,40.

Dies neue Unternehmen wird durch Ostwalds meisterhafte populäre Darstellung der Energielehre aufs glücklichste und glänzendste eröffnet. Auch wer diese Lehre genau kennt, wird die vorliegende Schrift mit Genuss lesen. Hingewiesen sei besonders auf die klare Behandlung des zweiten Hauptsatzes und des Entropiebegriffs. Den Schluß bilden

drei Kapitel über „das Leben“, „die geistigen Erscheinungen“ und „soziologische Energetik“. Hierzu wäre bei aller Anerkennung des geistvollen und anregenden Charakters dieser Abschnitte manches Bedenken vorzubringen, was aber über den Rahmen einer kurzen Anzeige hinausgeht. Und so mag es denn bei der Anerkennung sein Bewenden haben. P.

Der Werdegang einer Wissenschaft. Sieben gemeinverständliche Vorträge aus der Geschichte der Chemie. Von WILHELM OSTWALD. 2. vermehrte und verbesserte Auflage der „Leitlinien der Chemie“. Leipzig, Akad. Verlagsgesellschaft m. b. H., 1908. 316 S.

Das Buch will mehr als einen Beitrag zur Geschichte der Chemie, es will zugleich einen solchen zur allgemeinen Wissenschaftsgeschichte liefern, insofern alle Wissenschaften den gleichen Gang bei der Ausgestaltung allgemeiner Begriffe einschlagen; dieser Gang wird vom Verfasser sehr treffend mit dem chemischen Prozeß der Reinigung eines Stoffes durch Umkristallisieren verglichen, wobei sich u. a. zeigt, daß die vollständige „Reinigung der Begriffe“ ebenso unausführbar ist wie die Herstellung eines absolut reinen Stoffes. Ja selbst die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten aller historischen Erscheinungen glaubt der Verfasser in diesem „Werdegang“ der Chemie wiederzuerkennen. Die sieben Abschnitte behandeln: die Elemente, Verbindungsgewicht und Atome, Gasgesetze und Molekularhypothese, Isomerie und Konstitution, Elektrochemie, Affinität, chemische Dynamik. Es liegt auf der Hand, daß eine solche historische Betrachtungsweise auch für den Unterricht im höchsten Grade fruchtbar sein muß; das Buch sei daher insbesondere auch der Beachtung der Lehrer der Chemie empfohlen. Dieser zweiten Auflage ist ein Inhaltsverzeichnis und ein alphabetisches Register beigegeben; man wird nicht überrascht sein, in dem letzteren auch auf die Namen Kant, Schiller, Goethe, Kepler zu stoßen.

P.

Unsere Weltinsel, ihr Werden und Vergehen.

Von Dr. Johannes Riem. (Naturwissenschaftliche Zeitfragen, im Auftrage des Keplerbundes herausgegeben von Dr. E. Dennert, Heft 1.) Hamburg, Gustav Schloßmann, 1908. 88 S. und 7 Tafeln. M 1,50.

Dieses Heft eröffnet eine Reihe von Schriften, durch die naturwissenschaftliche

Bildung in ausgesprochen antimonistischem Sinne verbreitet werden soll. Den Hauptinhalt des Heftes bilden kritische Erörterungen über die verschiedenen älteren und neueren Weltbildungshypothesen (Lockyer, Kant-Laplace, Moulton), aus denen der Laie nicht viel mehr als den Eindruck entnehmen wird, daß die Gelehrten über alle diese Hypothesen noch im Streit sind — und dies ist wohl auch die Absicht des Verfassers gewesen. Wieviel Positives gleichwohl über die Konstitution unserer „Weltinsel“ ausgemacht ist, tritt dahinter doch zu sehr zurück. Aus dem Entropiegesetz folgert der Verfasser, daß die Welt einen Anfang gehabt haben müsse, an dem der persönlich eingreifende Schöpfer die Materie mit der zugehörigen Menge Energie versah und ihrer Entwicklung eine bestimmte Richtung gab. Der wissenschaftlich Gebildete wird auch solche physikalische Einkleidungen der Schöpfungssage nur als anfechtbare Hypothesen erkennen, die nicht dazu helfen, uns dem unergründlichen Geheimnis des Weltur sprungs näher zu bringen. Das Welträtsel lösen sollte man den Monisten überlassen.

Die folgenden Hefte handeln von der „Welt des unendlich Kleinen“, von der „Grenze des Lebens“, vom „Bau der Knochen“; sie seien, da außerhalb des Rahmens der Zeitschrift fallend, hier nur erwähnt. Die Thematik der in Aussicht genommenen späteren Hefte lassen eine Fülle anregender Betrachtungen erwarten. *P.*

Die Akkumulatoren. Eine gemeinfäßliche Darlegung ihrer Wirkungsweise, Leistung und Behandlung. Von Dr. KARL ELLIS, Professor an der Universität Gießen. 4. verbesserte und vermehrte Auflage. VI und 48 S. Leipzig, Joh. Ambrosius Barth, 1908. M 1,—.

Da wohl nirgends mehr im Unterricht Akkumulatoren fehlen, so wird das Schriftchen auch Leitern von Schulkabinetten, besonders wenn sie ihre Akkumulatoren selbst laden, von Nutzen sein können. *P.*

Vorschule der Experimentalphysik. Von Prof. Dr. ADOLF F. WEINHOLD. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 445 Textfiguren und 2 Tafeln in Farbendruck. Leipzig, Quandt u. Händel, 1907. 580 S. M 10,50.

Die neue Auflage des bewährten Buches ist durch eine ausführliche Anleitung zu einfachen Versuchen über Funkentelegraphie bereichert (S. 448—463), wobei für die Selbstanfertigung der Vorrichtungen genaue, wie

stets in den Schriften des Verfassers sorgfältig durchgearbeitete Anweisungen gegeben sind. Einer erneuten Empfehlung bedarf das Buch nicht mehr. *P.*

Lehrbuch der Physik. Von O. D. CHWOLSON.

IV. Band: Die Lehre von der Elektrizität, übersetzt von H. Pflaum. Erste Hälfte mit 336 Abbildungen. 915 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1908. M 16,—; geb. M 18,—.

In einer ausführlichen Einleitung setzt der Verfasser sich mit den Schwierigkeiten auseinander, die gerade der Darstellung dieses Gebietes im Wege stehen. Denn es handelt sich um drei „Bilder“, d. i. drei verschiedene Theorien, die man der Darstellung zugrunde legen kann, und von denen jede zurzeit für eine gewisse Reihe von Erscheinungen die wenigstens in didaktischer Hinsicht einfachste Behandlung ermöglicht. Es sind dies die Fernwirkungstheorie, die Maxwell'sche Theorie und die Elektronentheorie. Der Verfasser stellt in den ersten Kapiteln des Bandes die beiden ersten Theorien mehrfach einander gegenüber, ohne aber über die unbedingte Überlegenheit der zweiten einen Zweifel zu lassen. Die dritte Theorie kommt in diesem Teil, der nur das konstante elektrische und das konstante magnetische Feld (letzteres im weitesten Sinne) behandelt, noch wenig zu Worte. Sehr bemerkenswert auch im Hinblick auf den elementaren Unterricht ist, was der Verfasser (S. 214) nach eingehendster Besprechung der „Quellen“ des elektrischen Feldes sagt: „daß wir gegenwärtig über die Komponenten der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Elementes einfach gar nichts wissen, und daß es jetzt wie vor einem Jahrhundert fraglich bleibt, ob die Quelle für die Elektrizität in der Berührung der Metalle untereinander oder in der Berührung zwischen den Metallen und Elektrolyten zu suchen ist“. Auch dieser Band, der sich ebenso durch die Fülle des bewältigten Stoffes wie durch Übersichtlichkeit der Anordnung und Präzision der Darstellung auszeichnet, verdient den uneingeschränkten Dank und die Bewunderung der Fachwelt. *P.*

Physikalische Wandtafeln. Von L. Pfaundler.

Erste Serie (12 Tafeln) in Mappe M 12,—, einzelne Tafeln M 1,50. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1908.

Die Tafeln sind in erster Reihe für den Hochschulunterricht bestimmt und sollen namentlich solche Zeichnungen darbieten, die

nicht gut vom Vortragenden selbst in kurzer Zeit an der Tafel sich ausführen lassen. Ferner sollen Tabellen vorgeführt werden, die den Zuhörern längere Zeit vor Augen bleiben sollen. Diesem Zweck entsprechen Diapositive für Projektion nicht. Die vorliegende erste Serie enthält von Apparaten nur die zur Verflüssigung der Luft dienenden von v. Linde und Hampson und den klassischen Apparat von Regnault zur Bestimmung der latenten Dampfwärme, daneben Tabellen und Kurven zur Wärmelehre.

P.

Die Technologie des Maschinentechnikers. Von Ing. Karl Meyer, Prof., Oberlehrer an den Kgl. Maschinenbauschulen Cöln. Berlin, Julius Springer, 1908. XI u. 311 S., 377 Abb. im Text. Geb. M 8,—.

Das vorliegende Buch behandelt, dem Gange der Fabrikation folgend: die Materialienkunde, Herstellung der Gußstücke, die der Schmiedestücke, die Bearbeitung der Guß- und Schmiedestücke, und gibt ein vor treffliches Bild der im modernen Maschinenbau verwendeten Arbeitsmethoden und Arbeitsmaschinen. Das als Unterrichtsbuch für höhere und niedere Maschinenbauschulen geschriebene Buch dürfte aber noch für weitere Kreise von Wert sein und sei den Lesern dieser Zeitschrift angelegentlichst zur Beachtung empfohlen. Zu bemerken ist, daß die nur kurz erwähnten Preßluftwerkzeuge mit Rücksicht auf ihre umfangreiche Verwendung doch eine Erläuterung verdient hätten, daß ferner auch der für die Herstellung von Dynamo-Ankerblechen so wichtigen automatischen Stanzmaschinen hätte gedacht werden müssen. Die Abbildungen sind meist gut, nur wäre es wünschenswert, wenn bei Wiedergabe sehr detaillierter Gegenstände, wie in Fig. 317, von der Benutzung der ja bequemen und billigen Autotypie abgesehen würde.

B. v. Cz.

Die Isoliermittel der Elektrotechnik. Von K. Wernicke. (Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, Heft 10.) IX u. 184 S., 60 Abb. im Text und 1 Ausschlagtabelle. Geh. M 5,50; geb. M 6,—.

Die selbsttätige Regulierung der elektrischen Generatoren. Von Dr.-Ing. Friedrich Natalis. (Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, Heft 11.) VIII u. 112 S., 75 Abb. im Text und auf 4 Tafeln. Geh. M 4,—; geb. M 4,50. Beide Bücher im Verlage von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1908.

Die vorliegenden Schriften sind beide die ersten deutschen Monographien über die

genannten Gegenstände, von denen namentlich der erstere von sehr allgemeiner Bedeutung ist. Beide behandeln den Stoff sorgfältig, klar und eingehend, so sind z. B. in Abschnitt III des ersten Bändchens nicht weniger als 32 verschiedene Isoliermittel einzeln besprochen, woran sich noch ein Paragraph über imprägnierte Papiere und Gewebe sowie ein solcher über Öle schließt. Im zweiten Bändchen ist besonders den neuerdings entstandenen Schnellregulatoren sowie auch der mathematischen Behandlung der Regulierapparate Beachtung geschenkt. Beide Bändchen reihen sich in Inhalt und Ausstattung würdig den früher besprochenen dieser Reihe an.

B. v. Cz.

Aufgaben und Lösungen aus dem Gebiete der Gleich- und Wechselstromtechnik. Ein Übungsbuch für den Unterricht in der Elektrotechnik an technischen Hoch- und Fachschulen sowie zum Selbststudium. Von H. Vieweger, Oberlehrer am Technikum Mittweida. Zweite vermehrte Auflage. Mittweida, R. Schulze, 1908. XV u. 269 S., 174 Abb. im Text, 2 Tafeln. Geb. M 5,50.

Die vorliegende zeigt gegenüber der früher besprochenen 1. Auflage (16, 249; 1903) verschiedene Abweichungen insofern, als Aufgaben aus dem Instrumenten-Bau eingeschaltet, die einzelnen §§ teilweise zweckmäßiger angeordnet, die Abschnitte: Berechnung von Gleichstrommaschinen, Transformatoren und Drehstrommotoren völlig neu bearbeitet, endlich allgemein auch die () mit Zahlenwerten ausgefüllt wurden. Leider wird die allgemeine Brauchbarkeit des an sich vortrefflichen Buches auch in der neuen Gestalt erheblich durch die schon früher bestandene, aber vom Verf. beibehaltene Bezeichnungsweise der in Frage kommenden Größen beeinträchtigt, bezüglich deren das früher Gesagte aufrechterhalten werden muß. Namentlich das Zeichen \sim (gesprochen „Per“) sollte verschwinden.

B. v. Cz.

Die neueren Forschungen auf dem Gebiete der Elektrizität und ihre Anwendungen. Gemeinverständlich dargestellt von Prof. Dr. A. Kalähne (Danzig). Leipzig, Quelle & Meyer, 1908. VIII u. 284 S., 96 Abb. im Text. Geh. M 4,40; in Originalbd. M 4,80.

Der Verf. gibt hier in 7 Kapiteln: Fluidumtheorie (§§ 1–7), Gesetze der elektrischen und magnetischen Kräfte (§§ 8–14), Faraday–Maxwells Theorie (§§ 15–32), Elektronentheorie (§§ 33–38), elektromagnetische Schwin-

gungen und Wellen (§§ 39–60), elektromagnetische Wellentelegraphie (§§ 61–68), Entladungen in Gasen und Radioaktivität (§§ 69–88), eine verhältnismäßig kurze, aber recht ansprechende und dem gegenwärtigen Stande der Forschung entsprechende Einführung in die Elektrizitätslehre. Die Darstellung ist klar und flüssig, nur ist sachlich zu bemerken, daß Seite 27 die praktisch verwendeten Höchstspannungen zu niedrig angegeben sind — es gibt viele Anlagen mit 60 000 Volt, ja man ist gelegentlich bis über 100 000 Volt gegangen —, daß bei Besprechung der Gasentladungen J. Starks nicht gedacht ist, und auch die wichtigen Untersuchungen von Gehrke & Reichenheim über Anodenstrahlen nicht erwähnt sind. Die Figuren sind in der überwiegenden Mehrzahl wenig schön, aber zweckentsprechend. Neben der Abbildung der Marconestation Poldhu (Fig. 64) hätte auch eine solche der Nauener Station gegeben werden können, Fig. 81 (Lichtbogen) wäre durch eine den tatsächlichen Verhältnissen möglichst Rechnung tragende Abbildung zu ersetzen gewesen. Das Buch dürfte seinem Zwecke: ein Orientierungsmittel auf theoretischem Gebiete für Studierende und Techniker, wie für alle, die Interesse für die modernen elektrophysikalischen Forschungen haben, zu sein, durchaus entsprechen.

B. v. Cz.

Die Wandlung unserer Anschauungen über das Wesen der Elektrizität. Von Dr. P. Gruner, Prof. d. theoret. Physik an der Universität Bern-Hamburg, G. Schloßmann, 1908. 26 S. Geh. M 0,80.

Das Heftchen enthält, nach einem akademischen Vortrage des Verf., eine vortreffliche, fesselnd geschriebene Übersicht in 4 Abschnitten (Fernewirkungstheorie, elektromagnetische Lichttheorie, Elektronentheorie, Ausblick), an der einzig die Nichterwähnung Hittorffs bei Besprechung der Entladungen in Gasen zu beanstanden ist. B. v. Cz.

Anorganische Chemie. Von Ira Remsen, Professor der Chemie an der Johns-Hopkins-Universität in Baltimore. Dritte Auflage der deutschen Ausgabe, selbständig bearbeitet von Dr. Karl Seubert, o. Professor der anorganischen und analytischen Chemie an der Technischen Hochschule zu Hannover. Tübingen, H. Laupp, 1906. XVI und 528 S., 21 Abb. im Text, 2 Tafeln. Geb. M 10.—.

Kurzes Lehrbuch der Anorganischen Chemie von Dr. A. Stavenhagen, Professor der Chemie an

der Königl. Bergakademie Berlin. Stuttgart, F. Enke, 1906. XII und 526 S., 174 Abb. Geb. M 11,60.

Beide Bücher, in ihrer Anlage ganz verschieden, sind gut. Ira Remsen, bekannt durch seine mustergültige, ebenfalls von Seubert übersetzte „Einleitung in das Studium der Chemie“, zeichnet sich durch klare, einfache Darstellung aus; Seubert hat das Buch namentlich nach der physikalisch-chemischen Seite hin ausgebaut. Sein Lehrtalent zeigt sich im ersten mehr induktiven Teil fast mehr als im späteren, der die einzelnen Elemente abhandelt. Durch die ganz konsequente Benutzung des periodischen Systems bekommt die Darstellung etwas Starres und Zerrissenenes. Bei allen Vorteilen, die das periodische System bietet, scheint es dem Ref. fraglich, ob es ratsam ist, die Leichtmetalle und die Edelmetalle streng in der Reihenfolge der natürlichen Familien abzuhandeln (K, Ag, Ca, Hg, usf., bis zum Schlusse die Fe- und die Argon-Gruppe an die Reihe kommt). Treten dabei nicht die Schwächen des Systems zu stark hervor? In der Aufnahme des Neuen und Neusten ist Seubert wohl an manchen Stellen, z. B. bei dem Abschnitt Radium, zu vorsichtig. Dafür wird nichts Unwesentliches behandelt, und die Art der Behandlung ist vorzüglich.

Reichhaltiger ist das Buch von Stavenhagen, dem man es deutlich anmerkt, daß es aus dem Manuskript einer Vorlesung entstanden ist, und zwar einer anregenden Vorlesung vor einem sehr bunt gemischten Publikum. Die zahlreichen Abbildungen und die kurzen praktischen Angaben zu den beschriebenen Vorlesungsversuchen werden vielen Lesern der Zeitschrift willkommen sein. Bei der Fülle von Textbildern ist es um so überraschender, in dem Abschnitt „Eisen“ keine einzige Abbildung zu finden. Und doch ist die Herstellung von Stahl und Eisen ohne Abbildung der Haupttypen der Öfen schlechtweg unverständlich. Eine eingehendere und gleichmäßige Mitteilung von thermochemischen Daten wäre zu wünschen, wobei als Einheit die übliche 15°-Kalorie der vom Verf. benutzten 0°-Kalorie oder dem Kilojoule entschieden vorzuziehen ist. Schließlich muß noch auf einen Mangel des Buches, der bei so vielen Vorteilen empfindlich stört, aufmerksam gemacht werden: Die Erklärung der vielen griechischen Wörter muß bei einer neuen Auflage einer sehr genauen Korrektur unterzogen werden.

W. Roth-Greifswald.

Einführung in die organische Chemie. Von Prof. Dr. O. Diels, Privatdozent an der Universität Berlin. Leipzig J. J. Weber, 1907. XII u. 315 S., 34 Abb. im Text. Geb. M 7,50.

Der Verf., der Entdecker der dritten Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff, hat es verstanden, aus der unendlichen Fülle von Material, das in der organischen Chemie vorliegt, das Wesentliche herauszugreifen und es anschaulich darzustellen. Das ist bei der organischen Chemie nicht leicht, die mit ihren oft dreidimensionalen Strukturformeln an das Vorstellungsvermögen wesentlich höhere Anforderungen stellt als die anorganische Chemie. Gute, klare Strichzeichnungen veranschaulichen die immer wiederkehrenden Arbeitsmethoden des Organikers und stellen die Strukturbilder anschaulich dar. Die physikalischen Charakterisierungsmethoden (Refraktion, Polarisation, Bestimmung der Dissoziationskonstante von Basen und Säuren) sind etwas kurz behandelt; auch im fortlaufenden Text wären einige darauf bezügliche Zahlenangaben wünschenswert.

W. Roth-Greifswald.

Lehrbuch der Chemie und Mineralogie sowie der Elemente der Geologie. Für Oberrealschulen und Realgymnasien. Von Dr. A. Schlickum. Essen, Baedeker, 1907. 267 S. M 3,—.

Das Buch zerfällt in drei Teile, von denen der erste eine methodische Einführung nebst dem Wichtigsten aus der Kristallographie und Geologie, der zweite eine systematische Behandlung der Elemente und der dritte die qualitative und quantitative Analyse (inkl. Maßanalyse) und die organische Chemie bringt. — Der Verfasser verhält sich den Errungenschaften der physikalischen Chemie gegenüber gänzlich ablehnend. Daß auf der Unterstufe das Interesse an den stofflichen Umsetzungen als solchen durch den Unterricht geweckt und befriedigt werden soll, ist zugegeben; ob das aber in der Prima einer Oberrealschule so bleiben darf, möchte die Mehrzahl der Fachkollegen verneinen. Jedenfalls dürfen aber die Tatsachen, die mit zu den neueren Anschauungen geführt haben, nicht, wie hier geschieht, falsch dargestellt werden (vgl. das Verhalten des Eisens zum Wasserdampf [S. 7], die Darstellung des Hohofenprozesses [S. 56], die Aufgabe über die Bildung der Kontakt Schwefelsäure [S. 113, 9]). Auch sonst kommt die Theorie in dem Buch zu kurz; die Thermochemie wird gar nicht erwähnt; das Gesetz der bestimmten Gewichts-

verhältnisse läßt sich aus den angegebenen Daten (S. 7) absolut nicht herleiten; die Erörterungen über Molekül und Atom sind vielfach unklar und die Beweisführung nicht zwingend. Von den den einzelnen Paragraphen angefügten Aufgaben sind viele theoretisch und praktisch ganz undurchführbar. Dem Primaner soll doch mit der Aufgabe nicht bloß ein mehr oder weniger eingekleidetes Regeldetriexempel geboten werden, ihm soll Gelegenheit gegeben werden, einen quantitativ verlaufenden chemischen Prozeß rechnerisch zu verfolgen. Was soll man aber zu folgenden Aufgaben sagen: „Wieviel g Eisenoxyduloxyd entstehen beim Durchleiten von 12,3 l Wasserdampf durch eine Röhre mit glühenden Nägeln?“ (S. 95, 3) und „Wieviel g Kochsalz, das 1 Proz. Wasser enthält, muß ich abwägen, um 3,65 l Chlorwasserstoff (bei Weißglut) zu erhalten?“ und viele andere derartige! — Auch in der Mineralogie findet sich der Mangel an Theorie; das Gesetz der einfachen Vielfachen der Parameter fehlt, ebenso die Erwähnung der Tatsache, daß jeder Mineralspezies ein bestimmtes Achsenverhältnis zukommt; über Isomorphie finden sich nur die kurzen Sätze: „Wenn zwei Mineralien gleiche Kristalle bilden, so sagt man, sie seien isomorph“ (S. 34) und weiterhin „Kieselzinkerz = Zn_2SiO_4 ist dem Schwerspat isomorph, sonst dicht, . . .“ (S. 70); die Erklärungen über die Arten der regulären Hemiedrie sind nicht ausreichend (S. 29). — Die organische Chemie gibt eine im wesentlichen korrekte, sehr gedrängte Übersicht über das System der organischen Verbindungen; die Terpene und die stickstoffhaltigen Ringe sind gar nicht, die Eiweißstoffe fast gar nicht berücksichtigt.

A. Krause.

Lehrbuch der anorganischen Chemie. Von J. Lorscheid. 17. Auflage von F. Lehmann. Freiburg i. B., Herder, 1907. 329 S. Geb. M 4,20.

Kurzer Grundriß der organischen Chemie für höhere Lehranstalten. Von Prof. P. Kunkel. Freiburg i. B., Herder, 1908. Ergänzung zu Lorscheids Lehrbuch der anorganischen Chemie. 124 S. M 2,—.

Die vorliegende 17. Auflage des bekannten Lehrbuches schließt sich eng an die letzte vom Jahre 1904 an. Als selbständiger Teil erscheint jetzt der von H. Brockhausen umgearbeitete „Grundriß der Mineralogie“; eine weitere, den Freunden des Buches jedenfalls sehr willkommene Ergänzung bietet der

vor kurzem herausgegebene Grundriß der organischen Chemie von P. Kunkel. In diesem gibt der Verfasser auf 118 Seiten mit 28 Figuren eine kurze, aber doch recht inhaltreiche Darstellung des Systems der organischen Verbindungen. Das Hauptgewicht ist auf die Strukturchemie gelegt, doch kommen auch Technologie und Physiologie zu ihrem Recht. Eine sehr dankenswerte Beigabe ist die Beschreibung zahlreicher, durch besonderen Druck hervorgehobener Versuche, die meist den Ausführungen zugrunde gelegt sind; allerdings sind auch einige darunter (z. B. die Darstellung des Holzgeistes), die selbst im Praktikum kaum mit entsprechendem Erfolg ausgeführt werden könnten. Die Tetraederzeichnungen, welche die Struktur einiger Methanderivate und des Äthylens darstellen sollen (Fig. 7, 8, 10), scheinen wenig anschaulich. — Die sorgfältige Auswahl und die, mit sehr wenigen Ausnahmen, korrekte Wiedergabe des Stoffes lassen das Lehrbuch für seinen Zweck sehr wohl geeignet erscheinen.

A. Krause.

Organische Chemie. Von Prof. W. Levin, als 3. Band zu dessen „Methodischem Lehrbuch der Chemie und Mineralogie“. Mit 37 Abbild. Berlin, Salle, 1907. 117 S. M 1,65.

Das für den Unterricht wohl zu empfehlende Buch gibt eine für den Zweck vollkommen ausreichende Auswahl aus dem weiten Gebiet der organischen Verbindungen in der üblichen systematischen Anordnung. Die technisch wichtigen Prozesse werden ziemlich ausführlich erörtert und durch gute Figuren erläutert. Zum Schluß wird im Anschluß an die Besprechung der Eiweißstoffe das Wichtigste aus der Ernährungsphysiologie gegeben. A. Krause.

Justus von Liebig und Emil Louis Ferdinand Güssfeld. Briefwechsel 1862—1866. Mit Anmerkungen und Erläuterungen versehen herausgegeben von Dr. O. E. Güssfeld. Leipzig, J. A. Barth, 1907. 72 S. M 3,—.

Die Veröffentlichung ist ein erfreuliches Zeichen, daß die Verlagshandlung gewillt ist, die traditionelle Pflege der Geschichte der Chemie auch nach dem Tode von Georg W. A. KAHLBAUM weiter zu üben. Der im Titel genannte Güssfeld, der Vater des Herausgebers, war der Inhaber einer Hamburger kaufmännischen Firma; er hat sich verdient gemacht durch die Einführung des Guanodüngers, wobei er durch Liebig wissenschaftliche Unterstützung erhielt. Die „22 Briefe

Liebigs“ zeigen uns den Forscher in seiner ganzen Liebenswürdigkeit und von neuem in seiner einzigen Bedeutung für die gesamte Entwicklung der deutschen Landwirtschaft; sie werden mit Recht als ein wichtiger „Beitrag zur Geschichte der Industrie künstlicher Dünger in Deutschland“ bezeichnet. O.

Die Bindung des atmosphärischen Stickstoffs in Natur und Technik. („Die Wissenschaft“, Heft 26.) Von Dr. P. Vageler in Königsberg i. Pr. Mit 16 Abbildungen im Text und auf 5 Tafeln. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1908. 132 S. Geb. M 5,20.

Das hochwichtige, aktuelle Thema wird hier in zusammenfassender und zugleich gründlicher Weise behandelt. Zunächst werden die natürlichen Salpetervorkommen, besonders die chilenischen, berücksichtigt. Hierbei darf die Anführung der verschiedenen Theorien über die Entstehung der genannten Salpeterlager auf allgemeineres Interesse rechnen; fast alle Theorien nehmen organische Reste als Grundlage an, die Nöllnerische „Tangtheorie“, die den Salpeter auf die Verwesung von großen Tangmassen zurückführt, erklärt am besten den hohen Jodgehalt der dortigen Ablagerungen; eine neuerdings aufgestellte, physikalisch interessante, aber noch nicht durch Messungen gestützte Anschauung, welche das Entstehen des Chilesalpeters mit den häufig sehr starken elektrischen Spannungen der abends von Westen kommenden „Camanchaka“-Nebel in Verbindung bringt; wird ebenfalls, wenn auch nur kurz, erörtert. Im übrigen finden sich die neuesten Ergebnisse der Forschung wie die physikalischen Methoden der Salpetererzeugung, deren sich die Technik bedient (vgl. den Bericht von W. Roth in *dies. Zeitschr.* 21, 399), in Wort und Bild berücksichtigt. Am eingehendsten ist jedoch die biologische Seite der Sache, die Bindung von atmosphärischem Stickstoff durch Organismen (S. 30...108), sowohl durch freilebende wie auch in Symbiose tretende Mikroorganismen, behandelt. Es sei daher auch im Interesse des biologischen Unterrichts der Oberklassen auf das Buch angelegentlich hingewiesen. O.

Quantitative chemische Analyse. Maßanalyse, Gewichtsanalyse und Untersuchungen aus dem Gebiete der angewandten Chemie. Zum Gebrauche in chemischen Laboratorien. Von Dr. W. Autenrieth, a. o. Prof. a. d. Univ. Freiburg i. B. 2. völlig umgearbeitete Aufl. Mit

32 Abb. Tübingen, Mohr (P. Siebeck), 1908.
XVI u. 380 S. M 8,40.

Das Buch hat in der neuen Ausgabe wesentliche Änderungen erfahren. Neben verschiedenen neuen analytischen Bestimmungen, z. B. einiger seltener Metalle, sind vor allem „Untersuchungen aus der angewandten Chemie“ hinzugekommen. Diese erstrecken sich auf das Trinkwasser, einige Mineralien und Silikatgesteine, Roheisen und Superphosphat, sowie auf Stoffe von vorwiegend pharmazeutischem Interesse. Die praktischen Handgriffe sind ausführlich beschrieben, die Anweisungen mit großer Sorgfalt gegeben; in den Übungsbeispielen sind zweckmäßig auch die Ionengleichungen mehrfach angeführt, auch sind praktischerweise numerische Berechnungen vielfach durchgeführt oder angedeutet. Die Maßanalyse hat eine weitgehende Berücksichtigung erfahren. Das Buch sei der allgemeineren Beachtung empfohlen.

O.

Lehrgang der Chemie und Mineralogie für höhere Schulen. Von Dr. F. Küsper, Königl. Reallehrer an der Kreisoberrealschule Nürnberg. Nürnberg, C. Koch, 1908. 344 + 68 S. Geb. M 4,—.

Wir haben es im vorliegenden Buch mit einer eigenartigen, von den üblichen Lehrbüchern vielfach abweichenden Arbeit zu tun. Zum Teil läßt sich dies schon aus der Gliederung erkennen: S. 1..28 enthält eine „Einführung“ in die allgemeinen Grundbegriffe und einfacheren Gesetze; S. 29..344 gibt die „Spezielle Chemie“, an welche sich in besonderer Numerierung eine „Kristall- und Mineralkunde“ anschließt (S. 1..68); die wichtigsten Dinge aus der organischen Chemie sind beim Element „Kohlenstoff“ (S. 170..217) behandelt.

Wesentliche Merkmale des Buches sind: die ausgiebige Berücksichtigung der quantitativen Seite der chemischen Erscheinungen, ferner, was besonders lobend hervorzuheben ist, die Verarbeitung der wichtigsten Anschauungen der modernen physikalischen Chemie. So werden die Begriffe der Reaktionsgeschwindigkeit, des chemischen Gleichgewichtes u. a. an passender Stelle erörtert, beim Chlorwasserstoff wird die Ionenlehre angeschlossen usw. Auch das logische Moment gelangt vielfach zur Geltung. Überhaupt ist der Verfasser bemüht, alle Begriffe möglichst anschaulich unter Zuhilfenahme der Erfahrungen des täglichen Lebens zu entwickeln, und auch sonst werden in

dem Ganzen bemerkenswerte didaktische Grundsätze sichtbar. In der Durchführung derselben ist der Verfasser jedoch nicht immer gleich glücklich. So ist die erste Einführung, betreffend die Erscheinungen, die „in das Gebiet der Chemie gehören“ (S. 1), nicht durchsichtig genug, zieht vielmehr schwierigere komplexe Begriffe und entlegene Vorgänge mit heran. Als erstes „Beispiel“ wird „das Verwittern der Gesteine“ angeführt, das doch zum großen Teil physikalischer Natur ist (übrigens allen Flachlandbewohnern gar keine so geläufige Erscheinung ist), und danach der Schwefelkies erwähnt, an den bereits die Erscheinung der Pseudomorphose (natürlich ohne Nennung dieses Wortes) erörtert wird.

Die ersten „grundlegenden“ Versuche werden am gebrannten Gips, dem sein Kristallwasser zugesetzt wird, und am Kalkstein, dem das Kohlendioxyd entzogen wird, vorgenommen. Der erstgenannte Versuch läßt jedoch zwei charakteristische Merkmale einer chemischen Vereinigung, das Wärmemoment und das Andersartige des entstehenden Körpers, nicht genügend zur Geltung kommen. Beim Kalk tritt der Versuch der Vermischung von Kalkwasser und Selterswasser unvermittelt auf. Wenig zweckmäßig ist es ferner, beim „Wesen des Kalkbrennens“ zu beginnen (S. 7) „Das beim Brennen ... entweichende Gas ist Kohlensäure“ und dann fortzufahren „dies kann bewiesen werden, indem man ...“. Hier konnte mit Leichtigkeit mehr induktiv verfahren werden. Es sei aber ausdrücklich betont, daß dies nur Beispiele von Ausnahmen sind, und daß sonst im allgemeinen dem Versuch die richtige Stellung gegeben ist. Überhaupt ist bei der genannten „Einführung“ die Berücksichtigung der physikalischen Nebenerscheinungen sowie des Quantitativen, die zeitige Heranziehung des Arbeitsbegriffes, das Warne vor frühzeitigen Verallgemeinerungen u. a. nur anzuerkennen.

Wenn danach die „technisch wichtigsten Metalle“ sowie „die wichtigsten Metalle“ — nicht gerade sehr zweckmäßig in alphabeticischer Reihenfolge mit dem fremdartigen Bor an der Spitze — in Tabellenform unter Angabe der wichtigsten Eigenschaften aufgeführt werden, so kann man sich hierfür zwar auf anerkannte Vorbilder — Arendt für Schullehrbücher, Ostwald für Studienlehrbücher — berufen; wir halten aber trotz allem dafür, daß derartige systematische Übersichten erst nachträglich aufgestellt

werden dürfen, daß sie an vorzeitiger Stelle die Übersichtlichkeit nicht erleichtern, sondern nur einen Belastungsstoff darstellen. Daß dann bei Aufstellung der „fünf wichtigsten chemischen Grundgesetze“ die Elektrolyse einer verdünnten Ätznatronlösung als „Wasserzersetzung“ behandelt wird (S. 21), müssen wir im Hinblick auf die später zu gewinnende klare Anschauung der Ionenreaktionen grundsätzlich beanstanden. Es muß immer wieder hervorgehoben werden, daß für die experimentelle Herleitung des Volumgesetzes (Ver-einigung nach ganzzahligen Volumen) die meist, auch hier, übergangenen Eudiometer-versuche viel instruktiver sind; die experimentellen Unbequemlichkeiten dürfen die Vorführung nicht hindern.

Beim Wasser sind die „Beziehungen zu anderen Stoffen“ vorzüglich durchgeführt, nur die erste derselben, „die Hydratbildung“, hätten wir etwas anders gewünscht — die in dem Satz (S. 34) «So nennt man den erhärteten Gips „Gipshydrat“, den gelöschten Kalk „Kalkhydrat“» vollzogene Gleichsetzung kann leicht zu Irrtümern führen. Weiterhin bei der Behandlung der einzelnen Elemente wird vielfach der Blick sehr zweckmäßig auch auf die Lebensvorgänge im Pflanzen- und Tierkörper sowie auf geologische Erscheinungen gelenkt. Der für die Mineralogie aufgestellte Grundsatz, daß hier Kenntnisse „nicht gelernt, sondern allein durch Übungen erarbeitet werden können“, ist gewiß zu billigen; die gebotenen ausführlichen Bestimmungstabellen sind aber allein nicht ausreichend, irgendeinmal muß das System der Mineralien, wenn auch in kürzester Form, zum Ausdruck gelangen. — In typographischer Hinsicht ist das Buch nur zu loben. Ein offensichtlicher, aber in einer Neuauflage leicht abzustellender Mangel ist das Fehlen eines Sachregisters zum chemischen Teil; der Mangel wird um so fühlbarer, als auch eine Inhaltsübersicht — deren Wert beim Unterrichtsgebrauch nicht unterschätzt werden darf — nicht vorhanden ist.

Wenn auch in dem vorliegenden Buch einzelne Punkte zu beanstanden waren, so ist es doch im ganzen als eine gediegene Arbeit zu bezeichnen, die der Beachtung durchaus zu empfehlen ist. O.

Ad. Stöckhardts Schule der Chemie oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Experimente. 21. Aufl., bearbeitet von Prof. Dr. Lassar-Cohn. Mit 204 Abb. u.

1 Spektraltafel. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn, 1908. XXXV u. 797 S. M 7,—; geb. M 8,—.

Das altbekannte Buch ist in der neuen Bearbeitung von veralteten Anschauungen, wie z. B. der von der Lebenskraft, befreit und mit neueren Tatsachen und Auffassungen durchsetzt worden, zeigt aber in der Anordnung und den Abbildungen noch vielfach das alte Gewand. In diesem wird es seinen Zweck, der „Selbstbelehrung, insbesondere für angehende Apotheker, Landwirte, Gewerbetreibende usw.“ zu dienen, noch weiter zu erfüllen vermögen. Um indessen auch „zum Schulgebrauch“ sich zu eignen, müßte das Buch inhaltlich, in theoretischer und experimenteller Hinsicht noch viel weiter umgestaltet werden — beispielsweise dürfte der Atombegriff nicht so im Anfange (S. 11) und auch nicht in der vorliegenden Fassung gebracht werden. Damit soll aber nicht verkannt werden, welche umfangreiche und dankenswerte Arbeit der Herausgeber geleistet hat, um das Buch auf den modernen Standpunkt zu erheben. Es kann in der neuen, besonders auch die chemische Technik weitgehend berücksichtigenden Form mit manchen modernen Büchern ähnlicher Richtung in Wettbewerb treten.

O.

Theoretisch-praktisches Handbuch der photographischen Chemie. I. Bd.: Photogr. Negativprozesse und orthochromatische Photographie. Von Prof. R. Namias. Nach der 3. italienischen Aufl. übersetzt von A. Valerio u. Dr. C. Stürenburg. Halle, W. Knapp, 1907. 406 S. M 8,—.

Das Buch enthält nicht nur die Praxis und Theorie der üblichen erprobten Verfahren, sondern vielfach auch die Früchte eigener Arbeit des Verfassers. Der Hauptzweck des Buches ist darin zu suchen, daß es den Empirismus in der Photographie, das Arbeiten nach bloßen Vorschriften beseitigen will; an seine Stelle soll das wirkliche Verstehen aller bei den Prozessen beteiligten Faktoren treten.

Obgleich an deutschen, die Theorie gründlich berücksichtigenden Werken kein Mangel ist, wird das Buch des namhaften Forschers, besonders in den Ausführungen über orthochromatische Photographie, manchem wissenschaftlichen Photographen eine erwünschte Gabe sein.

O.

Grundriß der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten. Von Dr. Fr. Rudorff. Ausgabe B. Herausgegeben von Prof. Dr.

A. Krause. 14. Aufl. Berlin, 1908, H.W. Müller. 312 S. Geb. M 4,—.

In der vorliegenden Auflage ist die physikalische Chemie in einigen kurzen Kapiteln am Schlusse der Nichtmetalle und am Anfang der Metalle stärker berücksichtigt worden. Da im übrigen die Neubearbeitung des Grundrisses bereits eine eingehende Besprechung in dieser Zeitschrift (XVIII, 312) erfahren hat, genügt es, auf die neue Auflage des bewährten Buches empfehlend hinzuweisen. O.

Einführung in die chemische Technik. Kurzgefaßtes Lehrbuch der chemischen Technologie mit Berücksichtigung der Grundlehren der Chemie, für Handels-, Real- und Gewerbeschulen. Von

Oberlehrer Dr. R. Sachse, an der Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1907. 162 S. M 2,—.

In dem einleitenden Teile, der die Luft, Wasser, Kohle, Kalk usw. behandelt, fällt die Aufstellung von Formeln für unmögliche bzw. noch nicht dargestellte Körper wie $N(OH)_5$ auf. Im Hauptteil des Buches „Betriebe der chemischen Technik“ finden in 20 Kapiteln alle wichtigen Zweige der chemischen Technologie, von der „Leuchtgasfabrikation“ an bis zur „Gerberei“, eine kurze und zweckmäßige Darstellung, die durch gute Abbildungen unterstützt wird. Das Buch wird für Handels- und Gewerbeschulen gute Dienste leisten können. O.

Programm-Abhandlungen.

Der Anschluß unseres physikalischen und chemischen Unterrichtszimmers an das städtische Elektrizitätswerk. Von Prof. Dr. NORDMANN. Realgymnasium Halberstadt. Ostern 1908. Pr. Nr. 333. 22 S. und 3 Tafeln.

Die Beschreibung der Anschlußeinrichtung ist zunächst für die Lehrer und Schüler der Anstalt selbst bestimmt, aber sicher auch solchen Kollegen von Nutzen, denen die Herstellung einer solchen Einrichtung obliegt. Die verwendete Schalttafel von Ruhstrat (d. Zeitschr. 1905, S. 379) hat sich zwar in

vieler Hinsicht bewährt, macht aber doch einige Ergänzungen nötig, um für die Zwecke des Unterrichts voll brauchbar zu sein. Neben der Schalttafel, die sowohl Starkstrom bis 15 Amp. als Schwachstrom bis 1,43 Amp. liefert, ist eine Akkumulatorenbatterie von 6 Zellen mit je 8 Amp. Entladestromstärke und 24 Amp.-Std. Kapazität in Gebrauch. Das chemische Unterrichtszimmer ist mit einer Batterie von 12 solchen Zellen versehen.

P.

Versammlungen und Vereine.

Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Köln, 1908.

Verhandlung über die Hochschulausbildung der Lehramtskandidaten der Mathematik und der Naturwissenschaften¹⁾.

Am 21. September 1908 fand eine von der Unterrichtsabteilung veranstaltete Debatte über die Hochschulausbildung der Lehramtskandidaten statt, an der eine größere Anzahl von Hochschulprofessoren und von Lehrern höherer Lehranstalten teilnahm.

Herr G. R. KLEIN (Göttingen) gab zu Beginn der Verhandlungen einen eingehenden Bericht über die auf das Thema bezüglichen Abschnitte aus den Reformvorschlägen der Unterrichtskommission deutscher Naturforscher und

Ärzte (d. Zeitschr. 21, 52). Zwischen den Anforderungen reiner Wissenschaft und den Anforderungen des späteren Berufs bestehe ein gewisser Gegensatz. Während es dem Universitätslehrer näher liegt, daß er selbständige Untersuchungen machen läßt, so ist dagegen der künftige Lehrer genötigt, vieles nebeneinander zu unterrichten, er muß sich daher vielerlei Kenntnisse zugleich aneignen. Auch müssen wir mit mittleren Begabungen rechnen, die etwas Ordentliches, aber nichts Außerdentliches leisten. Eine der großen Fragen ist, wie weit man die Kandidaten veranlassen soll, eine gemeinsame Grundlage zu gewinnen, und wie weit die Freiheit gehen soll, die Studien individuell zu gestalten. Wir wollen den Studenten nicht zu sehr belasten, damit er noch Zeit übrig hat, zu studieren, zu debattieren und andere Bildungselemente in sich aufzunehmen. Dementsprechend ist der Studienplan für die ersten sechs Semester

¹⁾ Nach einem vom Prof. J. RUSKA in Heidelberg verfaßten ausführlichen Bericht, der im Pädagog. Archiv, Februar 1909, erscheint.

entworfen; doch ist dabei nicht an einen verpflichtenden Studienplan gedacht.

Früher galt es für selbstverständlich, daß Mathematik und Naturwissenschaften als Studienfächer zusammengehören, erst 1866 wurde in Bonn durch Gründung eines mathematischen Seminars das alte Band zerschnitten. Die Anforderungen in den einzelnen Studienfächern haben sich mit der Zeit derart gesteigert, daß eine Teilung unerlässlich wurde. Die Kommission hat Mathematik und Physik auf die eine, Chemie, Biologie, Mineralogie und Geologie auf die andere Seite gestellt. Mehr Gruppen zu machen, erschien nicht zweckmäßig, obwohl es z. B. in Frankreich reine Chemiker gibt, die an einer Anzahl Schulen zugleich unterrichten; dabei lernen sie aber die Schüler nicht kennen, von der Lockerung der Disziplin nicht zu reden.

Für die Gruppe Mathematik - Physik werden die drei Fächer Mathematik, angewandte Mathematik und Physik als zusammengehörig angesehen. Insbesondere für die Physik wird gewünscht, daß das praktische Arbeiten schon mit dem 1. Semester beginnt, sowie ferner, daß die Vorlesung über Experimentalphysik an die bereits auf der Schule erworbenen Kenntnisse anknüpfe und auch eine bescheidene Kenntnis der Infinitesimalrechnung voraussetze. Für die andere Gruppe werden Chemie, Biologie, Mineralogie und Geologie als Prüfungsfächer vereinigt. Als ein abzuschaffendes Residuum aus der Vergangenheit aber ist es anzusehen, daß in der Lehramtsprüfung Anforderungen wiederholt werden, die bereits im Abiturium erledigt sind.

Gegenüber der aus Schulmännerkreisen laut gewordenen Meinung, daß sich die Trennung der Studien in zwei Gruppen aus schultechnischen Gründen nicht durchführen lasse, macht der Vortragende geltend, daß es heute einfach nicht mehr möglich sei, alles zu studieren, niemand aber solle etwas unterrichten, was er nicht studiert hat. Die auf einem Gebiet erworbene formale Bildung sei wohl für verwandte Gebiete brauchbar, aber nicht für Aufgaben ganz heterogener Art. An den Gymnasien sei es ja schwerer, Chemiker und Biologen zu beschäftigen, doch sei neuerdings auch an Gymnasien der Biologie eine Stätte eröffnet. Was aber die Forderung betreffe, man solle Physik und Chemie nicht voneinander reißen, sondern den Schnitt hinter der Mathematik machen, so sei das für die Mathematik bedenklich, man würde Mathematiker in einer Reinkultur erhalten, die sich in den Schulorganismus nicht

einfüge; und andererseits würde die Summe der Anforderungen ungeheuerlich sein, wenn zu den übrigen Naturwissenschaften noch die Physik hinzutrete. Ein anderer Einwand komme von den Hochschulen, wo man sich nicht gern etwas dreinreden lasse; demgegenüber müsse man die Hochschule als einen Organismus auffassen, dessen Teile aufeinander bezogen sind. Nicht „Freiheit und Gleichgültigkeit“, wie man wohl gesagt hat, sondern „Freiheit und Gemeinsinn“ müsse die Lösung sein.

In der Diskussion verlangt LEHMANN (Karlsruhe), daß die Chemie mit der Physik verbunden werde, und schlägt vor, Mathematik und Biologie zu vereinigen. — TRUCIUSSESS (Cöln) bespricht die praktischen Schwierigkeiten; wie wolle man den Widerstand der Direktoren überwinden [KLEIN: Durch freundliches Zureden]. — von WETTSTEIN (Wien) ist für die vorgeschlagene Trennung, empfiehlt aber die zweite Gruppe Chemie und Naturgeschichte zu nennen. — WITTING (Dresden): In Sachsen besteht die Trennung bereits, auch wird niemand gezwungen, in einem Fach zu unterrichten, das er nicht studiert hat; die Direktoren sind verpflichtet, dem Lehrerkollegium die Stundenverteilung vorher vorzulegen. — RUSKA (Heidelberg): In Baden besteht die Zweiteilung längst und hat sich bewährt. Je mehr Realanstalten entstehen, desto unentbehrlicher wird die Differenzierung in den Oberklassen. — HALIWACHS (Dresden) wünscht, daß die Chemie in der ersten Gruppe nicht zu kurz komme; die Kandidaten müßten mindestens auch anorganische Chemie gehört haben. In demselben Sinne sprechen sich HOPPE (Hamburg) und RUBENS (Berlin) aus. — SCHWERING (Cöln): Im Schulleben muß man ausgleichen, mancher arbeitet sich später noch in ein Fach ein und leistet darin Vortreffliches. Wir können nur feststellen, was wir als Durchschnittsbildung von unsren Kandidaten wünschen. — POSKE (Berlin): Die Unterrichtskommission hat in ihren Studienplan für Gruppe I auch eine Vorlesung über anorganische Chemie aufgenommen. — FISCHER (München): In Bayern besteht seit 30 Jahren die Zweiteilung der Fächer; sie schließe nicht aus, daß jemand noch Fächer aus der andern Gruppe hinzunehme. — ROHN (Dresden): Man sollte die Physik in doppelter Weise einsetzen, so daß für Gruppe II Mineralogie und Geologie ein Fach, Chemie und Physik ein zweites Fach bilden. —

Speziell zur Frage der Vorbildung in Physik kam folgendes zur Sprache. STUDY

(Bonn): Er habe vielfach Klagen von Gymnasiallehrern darüber gehört, daß die Physikvorlesung auf der Universität zu elementar gehalten sei: er schlage vor, daß für die künftigen Lehrer andere Vorlesungen gehalten werden als für die Mediziner. Die Schwierigkeiten seien ja nicht zu erkennen, aber der bisherige Zustand müsse aufhören. — HALLWACHS (Dresden) stellt in Abrede, daß solche Klagen zutreffend seien. Man dürfe das Niveau der Vorlesung nicht nach der Menge der Mathematik beurteilen, die angewandt wird. Er könne in Dresden etwas Differential- und Integralrechnung voraussetzen, gehe aber nicht über dx/dt und d^2x/dt^2 hinaus. Wollte er den Umfang der mathematischen Mittel vergrößern, so müßte er eine Stunde mehr für Physik haben, er könnte dann den Übergang von der Experimentalphysik zur theoretischen Physik leichter vermitteln. Es sei zuzugeben, daß hier eine gewisse Schwierigkeit bestche; diese sei aber am besten zu lösen durch eine mathematisch gehaltene Ergänzungsvorlesung zur Experimentalphysik, wie sie schon vor 28 Jahren von F. KOHLRAUSCH gehalten worden sei und jetzt in Berlin gehalten werde. — WITTING (Dresden): Auch Prof. RIECKE in Göttingen habe die Klage der Physiklehrer als durchaus begründet anerkannt (vgl. d. Heft S. 54). — VON WETTSTEIN (Wien): Es handle sich hier um eine der wichtigsten Fragen des gesamten Hochschulunterrichts; auch z. B. in der Biologie haben sich ähnliche Mißstände herausgestellt, die Universitätslehrer seien oft genötigt, für Zuhörer von sehr verschiedener Vorbildung und verschiedenen Studienzielen zugleich zu lesen. Für unsere Lehramtskandidaten müsse Spezialisierung Platz greifen. — RUBENS (Berlin): Die Physik sei so umfangreich geworden, daß es unmöglich sei, den Stoff in zwei Semestern zu bewältigen, wenn man noch größere mathematische Exkurse bringen wollte. Er lese deshalb eine mathematische Ergänzungsvorlesung, die überraschend großen Anklang gefunden habe. Er könne nicht zugeben, daß die Experimentalvorlesung, wie er sie halte, unter dem Niveau der Lehramtskandidaten sei, sie kämen oft noch in späteren Semestern, da sie die Art der Behandlung im Hinblick auf ihre künftige Tätigkeit interessiere. Eine Ergänzung sei ferner noch auf technischem Gebiete nötig, in Berlin werde in einem Semester die Elektrotechnik, in einem anderen die kalorischen Maschinen behandelt. Dies sei die beste Art, den vorhandenen Bedürfnissen gerecht zu werden. — KLEIN (Göt-

tingen) erklärt sich von den Ausführungen des Vorredners befriedigt; man solle aber nicht sich bei elementaren Erörterungen stundenlang aufhalten, wo der mathematische Ausdruck rasch und leicht zum Ziel führe. — PLANCK (Berlin): Das mathematische und das physikalische Denken seien von Grund aus verschieden, es empfehle sich eine reinliche Scheidung. Man sollte Mathematik nur da anwenden, wo man mit der Physik nicht auskommt, das sei pädagogisch ungeheuer wichtig. Eine Steigerung des Mathematischen in den Physikvorlesungen aber könne nur schädlich wirken. — POSKE (Berlin): Wir wollen keine größere Menge Mathematik eingeführt sehen, als für die exakte Grundlegung der physikalischen Begriffe unbedingt erforderlich ist. Wir gebrauchen schon im Schulunterricht den Begriff des Limes, das sollte auf der Universität nicht ignoriert werden. Andererseits wünschen wir aber keine ausgedehnten Rechnungen im Physikunterricht, wir wünschen vielmehr die Vorlesung streng experimentell. Wenn aber die mathematische Vertiefung ganz auf die Ergänzungsvorlesung verlegt wird, so ist das ein Notbehelf und nicht eigentlich das, was wir in erster Linie anstreben. Wir brauchen ein höheres Niveau der Experimentalvorlesung, dies Niveau ist aus Rücksicht auf die Mediziner vielfach zu niedrig; es sollte, solange eine völlige Trennung der Mediziner von den Lehramtskandidaten unausführbar ist, jedenfalls doch so hoch genommen werden, wie es sich mit der Rücksicht auf die Mediziner noch irgend verträgt. — WIEN (Würzburg) begrüßt die erzielte Verständigung; die Physiker hätten geglaubt, daß mehr Mathematik gefordert würde. Er sei einverstanden damit, daß das Niveau möglichst hoch gebracht werde; man müsse sich aber nach den Leistungen der Schule und nach den Bedürfnissen der Hörer richten. — HALLWACHS (Dresden) spricht ebenfalls seine Zustimmung aus. Nur könne man nicht verlangen, daß alle Dozenten gleich gut seien, und dürfe nicht nach Einzelfällen urteilen.

Ferienkursus des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M.

Vom 5. bis 17. Oktober 1908.

Die Eröffnung mit 51 Teilnehmern erfolgte durch die Herren Oberrealschuldirektor Dr. Bode und Prof. Dr. Boller in Gegenwart des Herrn Oberpräsidenten Hengstenberg und des

Herrn Geh. Regierungs- und Provinzialschulrats Kaiser im neuen Gebäude des Physikalischen Vereins.

I. Vorlesungen.

A. Physikalische: Prof. Dr. WACHSMUTH: 1. Radioaktivität (8 St.). — 2. Neuere Schulversuche und Apparate (z. T. vorgeführt, z. T. beschrieben; 1 St.), unter anderm: Messung der Schallgeschwindigkeit mit einer 100 m langen im Hörsaal verlegten Röhre; Resonanzversuch mit einer helium gefüllten Geißlerröhre; Nachweis der anomalen Lichtbrechung mit gekreuzten Prismen; Apparat zur Veranschaulichung des Hitzdrahtgalvanoskops; Bestimmung von $C_p : C_v$; Feststellung der Brennweiten verschiedenfarbigen Lichtes mittels Bildwerfer; Nachweis des Astigmatismus durch Schrägstellung einer Linse vor dem Bildwerfer.

B. Meteorologische: Dr. LINKE. 1. Über Wetterprognose (4 St.). — 2. Das lenkbare Luftschiff (1 St.). Ein mehrere cbm großes Modell mit elektrischem Flügelantrieb wurde in Tätigkeit gesetzt.

C. Elektrotechnische: Prof. Dr. DÉGUISNE (im ganzen 12 St.). 1. Strom- und Spannungsmessung bei Gleich- und Wechselströmen. Kirchhoffssches Gesetz für Wechselströme. — 2. Spule mit Gleich- und Wechselstrom. Selbstinduktion. Ohmsches Gesetz für Wechselströme. Scheinbarer Widerstand. — 3. Kondensatoren, ihr Verhalten bei variabilem Gleichstrom und bei Wechselstrom. Kapazität. — 4. Erzeugung von Hochfrequenzströmen durch Funken und durch Lichtbogen. Resonanz bei Wechselstrom. — 5. Drahtlose Telegraphie. Sende- und Empfangsapparate. Abstimmung auf verschiedene Wellenlängen. — 6. Induktoren. Ihr Betrieb mit verschiedenen Unterbrechern. Neues aus der Röntgentechnik.

D. Astronomische: Prof. Dr. BRENDEN, Zeit- und Ortsbestimmungen (4 St.).

E. Chemische: Prof. Dr. FREUND. 1. Die Atomzerfallhypothese und die Konstitution der Materie (1 St.). — 2. Neues aus der chemischen Technologie (2 St.). Gesprochen wurde unter anderm über die Darstellung des Wasserstoffsuperoxyds mittels Natrium, des Natriumamids, das tonnenweise zur Herstellung von Indigo verbraucht wird, des „Kalkstickstoffs“ (durch Einleiten von Stickstoff in Calciumkarbid), der als Düngemittel wichtig wird, und die des für die Glühlampenindustrie bedeutungsvoll gewordenen Tantals.

F. Pädagogische: Dr. SCHULTZE, die Psychologie der Ermüdung und ihre Bedeutung für die Schule (etwa 3 St.). Apparate und Methoden zur Messung der Ermüdung wurden erläutert.

G. Einleitende Vorträge für Besichtigungen. 1. Der elektrotechnischen Fabrik von Hartmann & Braun: Prof. HARTMANN. — 2. Der Felten und Guilleaume-Lahmeyer-Werke: Oberingenieur Prof. Dr. EPSTEIN sprach über Turbogeneratoren. Während die alte Dynamomaschine, die mittels Riemen durch die Kolben-Dampfmaschine angetrieben wurde, höchstens 300 Touren mache, erlaubt die Kuppelung mit der Dampfturbine, bis zu 1500 Touren zu gehen. Günstige Folgen hiervon sind: Verkleinerung, Ersparnis an Material, Raum, Dampf, Bedienung, Erhöhung der Betriebssicherheit. Die Zahl der Pole wird etwa von 64 auf 4 verringert. Ungünstige Folgen dagegen: Vergrößerung der Fliehkraft, daher größte Festigkeit, genaueste Symmetrie erforderlich; ungünstigeres Verhältnis zwischen Oberfläche und Gewicht, daher zur Kühlung Ventilation nötig. Verluste durch Hysteresis und Foucaultströme gehen bei dem freilich dreimal so teuren Siliciumeisen auf die Hälfte herunter. — Gleichstrommaschinen von höherer Wirkung eignen sich nicht für die Turbinen wegen der notwendigen Vergrößerung des Kollektors. Transformatoren werden jetzt für 3000 KW und bis 50000 V gebaut.

II. Übungen.

A. Elektrotechnisches Praktikum: Prof. Dr. DÉGUISNE (20 Teilnehmer, etwa 23 St.).

B. Meteorologische Übungen: Dr. LINKE (etwa 20 Teilnehmer, 4 St.).

C. Glasblasen: Ein beim Verein angestellter Glasbläser (17 Teilnehmer, je 9 St.).

D. Beobachtungen auf der Sternwarte: Prof. Dr. BRENDEN (3 Abende).

III. Besichtigungen.

Museum der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft; Platinschmelze von Heraeus in Hanau; Kupferwerk von vorm. Hesse Söhne in Hedderheim; Elektrotechnische Fabrik von Hartmann & Braun; Homburg und Saalburg; Felten und Guilleaume-Lahmeyer-Werke; Geschäftsstelle des Zeißwerkes in Jena, Apparate der Frankfurter physikalischen Werkstätten, der Firma Leist in Wetzlar usw.; Klingeroberrealschule, auch Wöhlerrealgymnasium, Sachsenhäuser Oberrealschule. Bennecke, Potsdam.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Die Einrichtung der Physik- und Chemieräume höherer Lehranstalten. Von Dr. WILLY KIESEWETTER. Mit 58 Abbildungen. Erweiterter Abdruck aus der Zeitschrift „Das Schulhaus“. 91 S. Beigefügt sind 6 Kostenanschläge in verschiedener Preislage. Die Einrichtungen werden von der Firma Ferdinand Ernecke in Berlin-Tempelhof geliefert.

Von der Firma Max Kohl in Chemnitz werden Einzelprospekte über folgende Gegenstände versandt: Apparate und Chemikalien zur subjektiven und objektiven Beobachtung der festen, fließenden und flüssigen Kristalle nach O. Lehmann. (11 S.)

Kobls Megadiaskop (D. R. G. M.), nebst Beschreibung der Versuche. Großes Modell für 30—50 Ampere M 1320; kleines Modell für 25—30 Ampere M 1020.

Neuerotierende Quecksilber-Hochvakuum-pumpe (D. R. P. angem.), für die Fabrikation von Glühlampen und Röntgenröhren und für Demonstrationszwecke im physikalischen Unterricht geeignet. M 300, mit Elektromotor von $\frac{1}{10}$ PS für 110 Volt Gleichstrom M 440.

Chemische Schnellwage von L. REIMANN, Berlin SO., Schmidstraße 32, für 100 bis 200 g Belastung, Empfindlichkeit 0,1 bzw. 0,5 mg. Preis 90—150 M.

Schulektromagnet nach W. VOLKMANN. Von Georg Beck in Berlin NO., Georgen-Kirchstr. 54. Auch für diamagnetische Versuche und Zeeman-Effekt geeignet. M 50.

Spiegelkondensoren mit Dunkelfeldbeleuchtung. Von C. Reichert, Wien VIII, Bennogasse 24/26. (8 S.) Vgl. d. Ztschr. 21, 395.

Zur astronomischen Tafel¹⁾.

Von M. Koppe.

Die vollständige Erklärung ist der Sonder-Ausgabe der Tafel beigegeben²⁾.

Für die Darstellung des Laufes der Wandelsterne gibt das in Karte I gewählte Koordinaten-System der Länge und Breite die beste Übersicht. In modernen Sternkarten und Atlanten ist es nicht zu finden. Dagegen ist zur Einstellung eines Fixsterns oder anderen Himmelpunktes im Sucher eines parallaktischen Fernrohrs neben der Sternzeit die Deklination und die Rektaszension nötig, die auf den Äquator und den Frühlingspunkt bezogenen Koordinaten. Damit man auch diese für jeden Ort eines Wandelsterns angenähert zur Hand habe, ist jetzt Karte Ia beigefügt. Sie enthält für den mittelsten Teil des Tierkreisgürtels ein Netz aus Parallelkreisen mit je 5° Abstand und aus Meridianen mit je 7,5° Abstand. Man findet z. B. für Castor oder α der Zwillinge: δ = 32°, α = 7h 30m = 112°.

Aus den Karten III bis VI erkennt man leicht, durch welche Sternbilder jeder Planet im Laufe des Jahres hindurchgeht. Die An-

gabe von sog. Zeichen statt der Sternbilder, z. B. des Wortes *aries* als synonym für den Bezirk 0°...30° der Ekliptik, den das Sternbild der Fische einnimmt, ist verwirrend für die Anschauung und überhaupt zwecklos, ein Überrest aus der sonst allgemein abgelehnten Astrologie, aus der Zeit ihres Verfalles, ohne jeden astronomischen Wert. Auch in der Geographie haben die Wendekreise so wenig wie die Polarkreise mit Krebs und Steinbock zu schaffen. Leider werden in dem teuren amtlichen Material, aus dem die Kalenderverleger ihre astronomischen Spalten füllen, diese unnützen und sinnlosen Zeichen immer noch konserviert¹⁾.

Neu hinzugefügt sind die Knoten der Ebene des Saturnringes. Sie lassen erkennen, ob der Ring bei jeder Stellung des Saturn als schmale Linie oder als breite Ellipse erscheint. Bildet die Bahn an der Stelle, wo Saturn den einen Knoten passiert, eine einfache Linie, so findet das Verschwinden des Ringes einmal statt, dreimal wenn die Bahn dort zu einer Schleife ausgezogen ist.

Die Stellung der unteren Planeten, Merkur und Venus, zur Sonne ergibt sich am deutlichsten aus Karte VIII. Merkur war

¹⁾ Die vollständige Erklärung der astronomischen Tafel erscheint unter dem Titel Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1909 im Verlage von Julius Springer und ist durch jede Buchhandlung sowie von der Verlagshandlung zu beziehen. Der Preis beträgt M —,40; für 10 Exemplare M 3,—; für 20 Exemplare M 5,50.

²⁾ Ein Fehler im Text der letzten Jahrgänge, den Orion betreffend, wurde von Herrn Kahle in Bochum bemerkt.

¹⁾ Sie bilden ein Gegenstück zu dem unnützen und sinnlosen Begriff „Deutliche Schweite“, gegen den kürzlich V. Dvořák, Zeitschr. f. phys. u. chem. U. XXI, eine lehrreiche Kritik gerichtet hat.

im Jahre 1908, wie angekündigt, am 8. Juni wenn auch nicht mit bloßem Auge, so doch mit einem Feldstecher zu erkennen. Er stand dem Mars so nahe, daß man beide zugleich in einem Fernrohr von $1/2^{\circ}$ Gesichtsfeld sah. Mangelt ein parallaktisches Fernrohr mit Teilkreisen, so stellt man den Stern mit dem Theodoliten nach Höhe und Azimut ein. Da es beschwerlich ist, diese Koordinaten jedesmal zu berechnen, so sind mir zwei Tafeln mit doppeltem Eingang nützlich, aus denen sie als Funktion von δ (zwischen $+30^{\circ}$ und -30°) und von t , dem Stundenwinkel, zu entnehmen sind. Eine verbreitete Zeitung erwähnte in einem Artikel: „Der Himmel im Monat Juni“ ihre Leser, sich jene astronomische Ergötzung nicht entgehen zu lassen, sie sollten eifrig an der Hand einer Sternkarte die Zwillinge zwischen δ und ϵ (3. Größe!) nach dem Fremdling Merkur durchmustern. Das erinnert an den Schreibtisch, aber verrät keine Bekanntschaft mit Beobachtungen in freier Luft. Zur Durchmusterung der Zwillinge empfiehlt sich nicht der Juni, sondern ein Winterabend, von δ und ϵ ist im Sommer in heller Dämmerung nahe dem Horizont nichts zu erkennen. Der Vorschlag könnte von dem arabischen Astronomen stammen, der den Vollmond am Himmel durch seine Stellung zum Reiterlein kenntlich machen wollte, was Veranlassung zu dem Sprichwort gab: Vidisti Alkor, sed non vidisti lunam plenam. Im Jahre 1909 liegt die günstigste Zeit in der Nähe des 20. Mai.

Die Einrichtung der Mondbahn in Karte VII ist seit 1906 vereinfacht und verbessert. Es sei der Mondort für Dezember 26; 6^h nachmittags zu finden. Das ist nach italienischer Bezeichnungsweise Dezember 26^d 18^h oder Dezember 26,8^d. Man suche die Monats-Epoche XII, sie steht 7,2 Tagereisen vom Frühlingspunkt entfernt. Dann steht der mittlere Mond bei XII + 26,8^d = 34,0^d oder, nach Weglassung eines Umlaufs von 27,3^d, bei 6,7 Tagereisen oder 88^h Länge. Dazu findet man als Korrekturen 1. aus der Kurve der Mittelpunkts-Gleichung $+6^{\circ}$ für die Länge, 2. aus der „Mondbahn“ oder „Breitenkurve“ $+2^{\circ}$ für die Breite, also steht der Mond in 94^h Länge, 2^h Breite, d. h. in den Zwillingen nahe ϵ und μ .

Es ist empfehlenswert, die geozentrische Bahn eines Planeten angenähert zu konstruieren, indem man die als konzentrische Kreise anzunehmenden heliozentrischen räumlichen Bahn nach Tagen einteilt und dann die Fahrstrahlen, die von der Erde zu dem Planeten führen, nach Größe und Richtung an einen festen Punkt überträgt. Die folgende

Tabelle liefert für eine bequeme Epoche die notwendigen Konstanten.

	Mittlere Länge 1909 Jan. 0. 0 ^h	Änderung der mittleren Länge in 365 ^d (U. = Umlauf)	Radius der Bahn
Merkur ♀	307,60 ⁰	4 U. 53,72 ⁰	0,39
Venus ♀	208,24 ⁰	1 U. 224,79 ⁰	0,72
Erde ♂	98,98 ⁰	359,76 ⁰	1,00
Mars ♂	216,07 ⁰	191,29 ⁰	1,52
Jupiter ♀	151,25 ⁰	30,35 ⁰	5,20
Saturn ♀	16,67 ⁰	12,23 ⁰	9,54
Uranus ♂	282,80 ⁰	4,30 ⁰	19,2
Neptun ♀	104,80 ⁰	2,20 ⁰	30,1

Die Abweichung der mittleren von der wahren Länge kann beim Merkur 23⁰ betragen, beim Mars 11⁰, bei Jupiter, Saturn, Uranus 6⁰, bei den übrigen Planeten bis 2⁰.

Die Epoche „Jan. 0“ bedeutet den Anfang des Tages, welcher dem Tage „Jan. 1“ voraufgeht, also „31. Dez. 0h, Mitternacht“. Dies wird bei konsequenter Durchführung der italienischen Stundenbezeichnung notwendig.

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

	Epoche 1908
Dauer	Dez
Trop. Monat M_2	27,322 ^d 29d 22h
Drachenm. M_2	27,212 ^d 9d 4h
Anom. M. M_3	27,555 ^d 28d 11h

Es sei zu bestimmen der Mondort für 1908 Dez. 26^d 18^h. Man berechne die seit den Epochen vergangenen Zeiten erst in Tagen, dann in Monaten der zugehörigen Art:

$$\begin{aligned} T_1 &= 361^d 20^h = 13,244 M_1 \\ T_2 &= 382^d 14^h = 14,059 M_2 \\ T_3 &= 363^d 7^h = 13,185 M_3. \end{aligned}$$

Die entsprechenden durchlaufenen Bogen sind, von vollen Umläufen abgesehen,

$$\begin{aligned} \psi_1 &= 0,244 U. = 88^{\circ} \\ \psi_2 &= 0,059 U. = 21^{\circ} \\ \psi_3 &= 0,185 U. = 67^{\circ}. \end{aligned}$$

Dann ist die mittlere Länge des Mondes = ψ_1 , die Breite = $5^{\circ} \sin \psi_2 = 2^{\circ}$, die Mittelpunkts-Gleichung = $6,3 \sin \psi_3 = 6^{\circ}$. Folglich ist die wahre Länge = 94^h, die Breite = 2^h. Die genauen Werte mit Rücksicht auf die Störungen sind 93^h und 3^h.

Himmelserscheinungen im Februar und März 1909.

♀ Merkur, ♀ Venus, ☀ Sonne, ♂ Mars, ♀ Jupiter, ♀ Saturn, ☽ Mond, 0^h = Mitternacht.

	Februar						März					
	2	7	12	17	22	27	4	9	14	19	24	29
♀ AR	22 ^h 0 ^m	21.51	21.29	21.10	21. 1	21. 4	21.16	21.34	21.56	22.21	22.48	23.17
♀ D	— 10 ^o	— 10 ^o	— 11 ^o	— 13 ^o	— 14 ^o	— 15 ^o	— 16 ^o	— 15 ^o	— 14 ^o	— 12 ^o	— 10 ^o	— 7 ^o
♀ AR	19 ^h 35 ^m	20. 1	20.27	20.53	21.18	21.43	22. 7	22.31	22.55	23.18	23.41	0. 4
♀ D	— 22 ^o	— 21	— 20	— 18	— 17	— 15	— 13	— 11	— 8	— 6	— 4	— 1
♂ AR	21 ^h 2 ^m	21.22	21.42	22. 2	22.21	22.40	22.58	23.17	23.35	23.54	0.12	0.30
♂ D	— 17 ^o	— 15	— 14	— 12	— 10	— 8	— 7	— 5	— 3	— 1	+ 1	+ 3
♂ AR	16 ^h 57 ^m	17.12	17.26	17.41	17.55	18.10	18.24	18.39	18.54	19. 8	19.23	19.37
♂ D	— 23 ^o	— 23	— 23	— 23	— 24	— 24	— 24	— 24	— 23	— 23	— 23	— 22
☿ AR		10.56		10.52		10.47		10.42		10.38		10.34
☿ D		+ 8		+ 9		+ 9		+ 10		+ 10		+ 11
☿ AR	0 ^h 26 ^m						0.38					
☿ D	0 ^o						+ 2					
⌚ Aufg.	7 ^h 43 ^m	7.35	7.26	7.16	7. 5	6.55	6.43	6.32	6.20	6. 9	5.57	5.45
⌚ Unterg.	16 ^h 45 ^m	16.54	17. 4	17.14	17.23	17.32	17.42	17.51	18. 0	18. 9	18.17	18.26
⌚ Aufg.	18 ^h 41 ^m	19. 9	—	5.40	8.28	10.16	14.40	20.23	1. 9	5.42	7.26	10.22
⌚ Unterg.	6 8	8.49	10. 3	13. 1	20.14	1.47	6.11	7.40	9.14	14.36	22. 4	2.55
Sternzeit im mittl. Mittg.	20 ^h 48 ^m 0 ^s	21. 7.43	21.27.25	21.47. 8	22. 6.51	22.26.31	22.16.17	23. 5.59	23.25.42	23.45.25	0. 5. 8	0.24.50
Zeitgl.	+ 18 ^m 52 ^s	+ 14.18	+ 14.25	+ 14.13	+ 13.44	+ 12.59	+ 12. 0	+ 10.49	+ 9.29	+ 8. 2	+ 6.32	+ 5. 1

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Frühlingsanfang am 21. März, 7^h 13^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Febr. 20, 11 ^h 52 ^m März 21, 21 ^h 11 ^m	Febr. 27, 3 ^h 49 ^m März 28, 17 ^h 49 ^m	Febr. 5, 9 ^h 25 ^m März 7, 3 ^h 56 ^m	Febr. 13, 13 ^h 47 ^m März 15, 4 ^h 42 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Februar	unsichtbar	anfangs für kurze Zeit noch morgens sichtbar, von Mitte d. Monats ab unsichtbar	zuletzt nur noch 1 1/4 Std. lang tief im SO morgens sicht- bar	die ganze Nacht hindurch sicht- bar. Opposition am 28.	abends zuletzt nur noch 1 1/2 Stunden in den Fischen sichtbar
im März	unsichtbar	unsichtbar	die Sichtbar- keitsdauer sinkt bis auf 1 1/4 Stunde	die ganze Nacht hindurch sichtbar	von Mitte des Monats ab unsichtbar

Phänomene der Jupitertrabanten (M.E.Z.):

Febr. 1	23 ^h 55 ^m 42 ^s	III E	März 2	19 ^h 6 ^m 22 ^s	III A	März 17	19 ^h 57 ^m 24 ^s	I A
6	23 53 55	II E	3	23 47 54	II A	24	21 51 45	I A
13	21 10 40	I E	8	23 34 41	I A	28	20 53 28	II A
20	23 4 19	I E	9	23 4 22	III A	31	23 46 13	I A

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Febr. 1	23 ^h	♂ Cephei-Max.	Febr. 18	17 ^h 34 ^m	Algol-Min.
5	23	♂ Cephei-Min.	März 7	22 29	Algol-Min.
12		R Lyrae-Min.	10	19 18	Algol-Min.
15	20 45 ^m	Algol-Min.			

Das Zodiakallicht ist im Februar abends am besten zu beobachten.

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1909

bezogen auf das Koordinatensystem der Länge und Breit

