

Ein schulmäßiges Spiegelgalvanometer für Selbstanfertigung.

Von Friedrich C. G. Müller.

Ablenkungsgalvanometer mit hängender, gut gedämpfter Lichtzeigernadel haben außer dem Vorzug guter, von parallaktischen Fehlern freier Ablesbarkeit aus der Ferne für Schulzwecke noch das Gute, sich in der Schulwerkstatt billig und auch mit jeder wünschenswerten Genauigkeit herstellen zu lassen, während die stark angepriesenen Vertikalinstrumente nach dem Prinzip der Feder- oder Hebelwage die kostspielige Arbeit des Feinmechanikers verlangen. Überdies haben wir im Spiegelgalvanometer dasjenige Instrument vor uns, welches in der Wissenschaft die Hauptrolle gespielt hat und noch immer spielt. Daß es sich trotzdem als Schulapparat bis jetzt wenig eingebürgert hat, beruht einerseits auf der Unbequemlichkeit der erforderlichen optischen Hilfseinrichtung, andererseits auf seiner großen Empfindlichkeit, wegen deren es für die Messung von stärkeren Strömen, wie sie im Unterricht vorwiegend verwendet werden, Abzweigvorrichtungen verlangt, welche dem Einblick und Verständnis der Schüler zunächst nicht zugänglich sind. So erklärt sich auch die Tatsache, daß man das grundlegende absolute Galvanometer, die Tangentenbussole, nicht als Spiegelinstrument ausgebaut hat, sondern durch starre Zeiger für die Fernablesung einzurichten suchte und dabei die, eine unmittelbare Übersicht der Beobachtungswerte ausschließende, gleichteilige Kreisteilung beibehielt.

Auch Verfasser hat, obwohl ihm die Ausgestaltung der Schulgalvanometrie von jeher sehr am Herzen gelegen hat, vier Jahrzehnte lang dem Spiegelgalvanometer die Fähigkeit aberkannt, ein schulmäßiges Gebrauchsinstrument zu werden und es nur zu bestimmten Versuchen, sowie zur Anschauung vor die Klasse gebracht. Erst nach Fertigstellung der vor 10 Jahren (*ds. Zeitschr.* 21, 1) veröffentlichten Lichtzeigernadel für Magnetometrie und Galvanometrie, wurde ihm klar, daß man beim Weiterverfolg der eingeschlagenen Richtung zu einem guten Schulinstrument von allseitiger Brauchbarkeit gelangen könne. Und auf solche Anregung entstand in der Folgezeit mitten aus der Schulpraxis heraus das nachstehend beschriebene Instrumentarium, welches seit zwei Jahren bei der Behandlung des Galvanismus die Alleinherrschaft auf dem Experimentiertische des Verfassers übernommen hat. Es hat die härtesten Proben bestanden und bot zu weiteren Verbesserungen keinen Anlaß mehr, womit aber nicht gesagt sein soll, daß es anderen Fachmännern nicht gelingen könne, Besseres herauszubringen. Dem Verfasser selbst ist durch seinen Austritt aus dem Schuldienst dazu die Möglichkeit genommen. —

Fig. 1 zeigt in $\frac{1}{12}$ natürlicher Größe als Träger des ganzen Instrumentariums eine aus den Seitenstücken *A* und den Querstücken *B* und *C* zusammengefügte und mit vier Füßen *D* versehene ziemlich massive Holzbank. Mit dieser ist, um zwei Schrauben *E* drehbar, ein leichter, aus den Leisten *F* und dem Schlußbrett *G* bestehender Holzrahmen verbunden, welcher von zwei Anschlägern *H* in der verlängerten Bankebene festgehalten, beim Nichtgebrauch des Apparates aber zurückgeschlagen wird und den Stiften *K* aufliegt.

Das Schränkchen mit der Lichtzeigernadel J hat seinen festen Standpunkt auf dem Querstück B .

Die Skala ist im Abstände von 100 cm auf dem Schlußbrett G angebracht, ebenso die optische Einrichtung, wie Fig. 2 im größeren Maßstabe zeigt.

Als Lichtquelle dient ein Platindraht H von 1 cm Länge und 0,15 mm Dicke, der an einen etwas stärkeren, in den Einschnitt des Eisendrahts K eingeklemmten

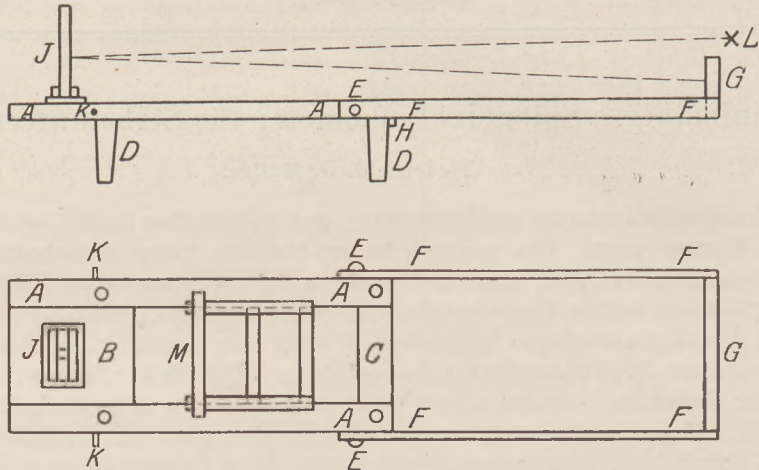


Fig. 1 ($\frac{1}{12}$ nat. Gr.).

Platindraht angeschweißt ist. K steckt, mittels einer federnden Hülse verschiebbar, an dem Gasbrennerrohr L , das seinerseits durch ein dem Hinterbrett G angeschraubtes Holzstück M geht und durch eine Druckschraube N festgestellt wird. Als Brenner hat sich ein kleiner Acetylenbrenner als besonders zweckmäßig erwiesen, der, mit Leuchtgas gespeist, eine heiße, wenig leuchtende, gegen Luftzug unempfindliche Flamme erzeugt, welche den richtig eingestellten Draht zum blendenden Weißglühen bringt; dadurch wird eine Lichtmarke erzeugt, die auch im wenig verdunkelten Zimmer weit hin sichtbar ist.

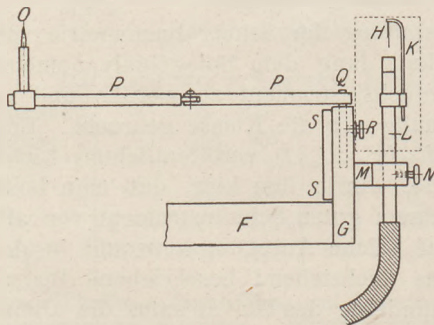


Fig. 2 ($\frac{1}{5}$ nat. Gr.).

Die Sammellinse O von 20 cm Brennweite und 4 cm Durchmesser wird mit ihrem einfachen, verschiebbaren Halter von dem dünnen, zerteiligen Holzarm P getragen, der um einen Zapfen Q in einer Bohrung des Hinterbretts drehbar und auf- und abstellbar ist und mittels der Schraube R festgeklemmt werden kann. Beim Zusammenlegen der Bank muß der Arm P zurückgeschlagen werden.

Der in Fig. 2 gestrichelt angedeutete, nach hinten offene, vorn mit Spalt versehene Blechschirm soll störendes Licht abblenden und den Glühdraht schützen.

Das Skalenbrett S von 6 cm Breite aus Laubsägeholz ist aus drei durch Scharniere verbundenen Teilen zusammengesetzt. Der mittlere, auf dem Hinterbrett befestigte, ist, wie dieses, 28 cm lang, während die beiden Flügel je 40 cm messen. Letztere werden durch zwei über die Fugen auf der Hinterseite hinweggespannte Schraubenfedern in eine Ebene mit dem Mittelstück gezogen. Beim Nichtgebrauch des Apparats schlägt man die Flügel nach vorn, so daß sie bündig mit den Leisten F liegen und durch Knebel in dieser Lage festgemacht werden können. Die korrigierte Zentimeter-skala (vergl. ds. Zeitschr. 21, 1) ist auf drei entsprechende Kartonstreifen aufgetragen

und mittels Reißzwecken auf *S* befestigt. Sie umfaßt beiderseits 51 Teile, so daß sich, da auch von entfernteren Plätzen noch Zehntel abgeschätzt werden können, ein Meßbereich von zweimal 510 Einheiten ergibt.

Das Hauptorgan des ganzen Instruments, die Lichtzeigernadel mit Öldämpfung, hat als solche gegen früher keine Abänderung erfahren, aber sie ist nicht mehr in dem beschränkten Innern des Multiplikators, sondern in einem eigenen Schränkchen untergebracht. Dieses besteht, wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, aus den beiden Seitenteilen *A* und den Querverbindungen *B*. Erstere sind nach innen zu auf 2 mm Tiefe abgesetzt, um den Innenraum von 25 mm Breite und 18 mm Tiefe durch eingeschobene Glasstreifen nach vorn und hinten abzuschließen. Unter dem Ganzen liegt eine rechteckige Grundplatte aus Laubsägeholz, welche in ein auf der Bank befestigtes Rähmchen *R* paßt und durch Knebel festgehalten wird. Das Schränkchen kann also gegebenenfalls fortgenommen werden, um irgend einem andern Lichtzeigerinstrument, z. B. einem Quadrantelektrometer, den Platz einzuräumen.

Das aus dünnem Stahlblech geschnittene Nadelblatt *N* von 10 mm im Quadrat hat oben einen kurzen Fortsatz für den Aufhängefaden, unten einen Stiel von 20 mm Länge und 3 mm Breite, der in ein Kästchen *C* mit Glycerin oder Öl taucht und als Dämpfer wirken soll.

Auf das gehärtete, möglichst eben geschliffene und zwischen den Polen eines starken Elektromagneten magnetisierte Nadelblatt wird mit Klebwachs der Spiegel *S* von 1,5 cm im Quadrat befestigt, ein Stück dünnen, guten Silber spiegels, wie man es kostenlos bei jedem Glaser finden kann. Der das System tragende einfache Kokonfaden wird oben durch einen Kerb des federnden Blechstreifens *E* gelegt und durch eine Spur Klebwachs befestigt. Der

Faden ist 10 cm lang, also fast dreimal länger als bei der früheren Aufstellung der Nadel innerhalb des Multiplikatorrahmens, wodurch sein Torsionsmoment auf einen bei absoluten Messungen kaum merklichen Betrag herabgebracht wird.

Die Tragfähigkeit eines Kokonfadens ist etwa 10 g, während das Nadelsystem nur 1,3 g wiegt. Es ist also ausgeschlossen, daß der Faden beim ruhigen Hinsetzen der Bank abreißt, zumal der Stoß noch durch die Feder *E* gemildert wird.

Falls der Spiegel zu stark nach vorn überhängt, so daß die Lichtmarke unter die Skala fällt, muß der obere, zu enthärtende, Ansatz der Nadel ein wenig nach vorn gebogen werden, damit die durch den Anknüpfungspunkt und den Schwerpunkt des Systems gedachte Gerade möglichst parallel der Spiegelebene wird.

Das aus dünnem Messingblech gefertigte Kästchen *C* mit der Dämpferflüssigkeit paßt sich dem Innenraum an, hat aber nach oben verlängerte Seitenlappen, welche sich federnd gegen die Prismen *A* legen, so daß man *C* höher oder niedriger stellen, auch zum Zweck ballistischer Messungen ganz herausnehmen kann.

Um ein Herumschlagen der Nadel durch zu starke Stromwirkungen oder beim Hin- und Hertragen des Apparats zu verhindern, sind zwei Paar Hemmstifte *D* in die Seitenstücke *A* des Schränkchens eingetrieben.

Die in Fig. 3 noch eingezeichnete Multiplikatorrolle bleibt vorläufig abgenommen, so daß die Nadel und ihr Spiel frei sichtbar ist.

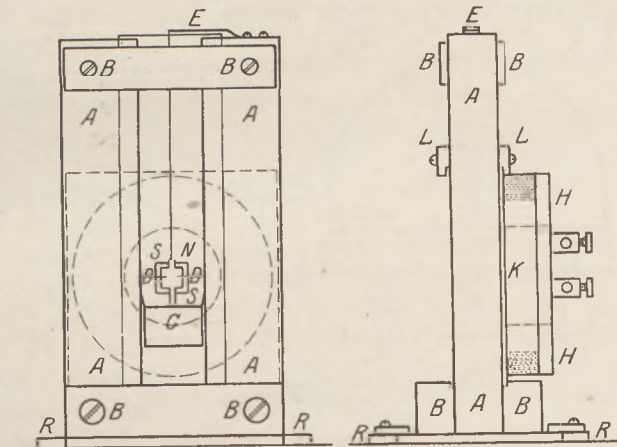


Fig. 3 ($\frac{1}{3}$ nat. Gr.).

Von besonderer Bedeutung für einen allseitigen Gebrauch von Lichtzeiger-galvanometern ist ein zweckmäßig bemessener und angeordneter Richtmagnet. Bei unserm Instrument verwendete man ein 20 cm langes Stück käuflichen Flachstahls von 2,0:0,4 cm Querschnitt, welches nach dem Härten und Magnetisieren kräftig erschüttert und einige Stunden auf 100° erhitzt wurde und danach so gut wie unveränderlich blieb. Als Träger dieses Richtmagneten M (Fig. 1) dient ein aus Holzleisten zusammengefügtter Schlitten, welcher unter Mitwirkung einer Blattfeder in dem von der Bank gebildeten Rahmen willig und sicher gleitet, und dessen Stellung mittels eines daran sitzenden Zeigers an einem daneben angebrachten Millimetermaßstabe genau bestimmbar ist. Auf diesem Schlitten läßt sich der Magnetstab vorn, mitten und hinten zwischen je zwei Paaren federnder Messingstifte festlegen, worauf man durch Verschiebung des Ganzen die natürliche Richtkraft der Nadel binnen wenigen Sekunden auf das Zehnfache vergrößern oder auf $\frac{1}{5}$ herabmindern kann. Die Einstellung der Lichtmarke erfolgt bei verstärkter oder wenig abgeschwächter Richtkraft binnen fünf Sekunden und verlangsamt sich selbstverständlich außerordentlich, wenn man die Astasierung weit treibt. —

Anhangsweise muß noch des für die Verwendung des Spiegelgalvanometers ungünstigen Falles gedacht werden, daß die Achse des Lehrzimmers ganz oder nahezu in die Richtung des magnetischen Meridians fällt, was, nebenbei bemerkt, bei uns im Brandenburger Realgymnasium, nicht der Fall ist.

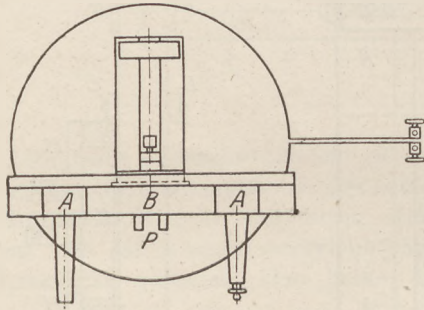


Fig. 4 ($\frac{1}{5}$ nat. Gr.).

Dann gilt es, die Nadel mit Hilfe eines festen Ablenkungsmagneten aus ihrer meridionalen Stellung so weit herauszudrehen, daß die Lichtmarke bei einer um etwa 50° abweichenden Bankstellung auf den Nullpunkt der Skala fällt. Man verwendet einen 10–15 cm langen Stab aus bleistiftdickem Rundstahl, welcher in eine axiale Bohrung des Querstücks C (Fig. 1) gesteckt wird. Bei dem beträchtlichen Abstände dieses Hilfsmagneten bleibt das resultierende

Magnetfeld am Nadelort so homogen, daß keinerlei Abweichung vom Tangentengesetz eintritt. Auch erleidet die Verwendung des Richtmagneten keine Einschränkung. Dies alles habe ich versuchsmäßig selbst festgestellt. Selbstverständlich muß bei absoluten Messungen das Instrument ohne die Richtmagnete in die meridionale Aufstellung gebracht und die Lichtmarke den ungünstig sitzenden Schülern durch Vortretenlassen oder mittels eines Spiegels sichtbar gemacht werden. —

Die im Obigen beschriebene Galvanometerbank bildet mit der Lichtzeignadel, der optischen Einrichtung, der Skala und dem Schlitten mit Richtmagneten einen bequem unterzubringenden und zu tragenden geschlossenen Apparat, welcher binnen wenigen Minuten betriebsfertig auf dem Experimentiertisch aufgestellt werden kann. Daneben sind noch die nachfolgenden Zubehörteile für die verschiedenen Verwendungszwecke gesondert aufzubewahren, um jederzeit binnen wenigen Sekunden der Lichtzeigerbank aufgesetzt werden zu können.

Erstens für magnetometrische Versuche eine am Kopfende der Bank zwischen Führungsprismen P (Fig. 4) in der Achsenrichtung anzusetzende, beiderseits mit weithin sichtbarer Teilung versehene Meßleiste von 110 cm Länge. Diese besteht zur bequemeren Aufbewahrung aus zwei durch Scharniere miteinander verbundenen, zusammenlegbaren Hälften.

Zweitens für absolute und relative Messung stärkerer Ströme ein an der Vorderseite eines kurzen Holzschlittens befestigter Kreisleiter von 30 cm Durchmesser, der, wie Fig. 4 zeigt, auf das Stirnende der Bank gesetzt wird. Die Anfertigung des Ringes aus 3 mm dickem Messingdraht wird dadurch erleichtert, daß die in den

Handlungen vorhandenen Drahtknäuel ungefähr 30 cm Durchmesser haben, so daß eine davon entnommene Windung von vornherein kreisförmig gerundet ist. Man mißt mittels eines schmalen Papierstreifens am Außenumfang genau $30,15 \cdot \pi = 97,7$ cm ab und lötet die Enden des so erzielten Rings bündig in die Bohrungen der Zuleiterstreifen.

Drittens für sehr schwache Ströme mehrere Multiplikatorrollen von der aus Figur 3 ersichtlichen Konstruktion. Auf die mit nur einem Flansch versehenen, aus Holz gedrehten Hohlzylinder H von je 6 cm Außendurchmesser ist als Abschluß des Windungsraums je ein quadratisches, 1 mm starkes, mit entsprechendem Mittelloch versehenes Messingblech K geschraubt, das in einen schmalen Einschnitt des unteren Querstücks B paßt und oben durch Knebel L am Nadelschränken festgeklemmt wird. Über die zweckmäßige Bewicklung dieser in wenigen Sekunden anzusetzenden oder abzunehmenden Rollen wird weiterhin berichtet werden. —

Um ein genaueres Urteil über das beschriebene Lichtzeigerinstrument für Galvanometrie und Magnetometrie zu ermöglichen, seien noch einige der Schulpraxis entnommene Angaben über dessen Gebrauch hinzugefügt. Wir beschränken uns dabei wesentlich auf die methodische Begründung des absoluten elektromagnetischen Meßsystems. Bei der Entwicklung des magnetischen Grundgesetzes, bei der Herleitung und Bestätigung des Gesetzes der Fernwirkung kurzer Stabmagnete und bei der schulmäßigen Bestimmung der Horizontalintensität schlage ich noch heute denselben Weg ein, wie ich ihn vor acht Jahren beschrieben¹⁾.

Mit besonderer Sorgfalt wird unter Mitwirkung der Schüler die grundlegende Naturkonstante H für den Ort oberhalb des Experimentiertisches, welchen die Lichtzeigernadel bei allen absoluten Messungen einnehmen soll, bis in die dritte Dezimale genau ermittelt. Bei uns ist $H = 0,158$. Da das Lehrzimmer zu ebener Erde in einem auf Eisenbetonpfählen gegründeten Gebäude liegt, ändert sich diese Größe von Meter zu Meter. Während sie rechts auf dem Experimentiertische, an dem markierten Platze der Bank, den angegebenen Wert hat, ist er mitten 0,165, links 0,174.

Nachdem die Stärke des die Nadel richtenden magnetischen Feldes in absoluten Einheiten festgestellt worden, gelangt man unter Zugrundelegung des elektromagnetischen Grundgesetzes von Laplace²⁾ leicht zu einer Methode absoluter Strommessung nach dem Prinzip der Tangentenbussole.

Wir bringen zu dem Zweck den Kreisleiter von $r = 15$ cm, wie Fig. 4 zeigt, auf die Lichtzeigerbank. Sein Reduktionsfaktor berechnet sich zu 3,78, so daß $J = 3,78 \operatorname{tg} \alpha$ Amp. Demnach würde schon ein einziges Ampere einen über die Skala hinausgehenden Ausschlag hervorbringen. Wir wählen deshalb als Ausgangsstrom einen solchen von 0,8 Amp., für welchen der Ausschlag 42,4 erfolgen muß. Auf diesen regeln wir mittels des gleichzeitig eingeschalteten Rheostaten den einer parallelgeschalteten Sammlerbatterie entnommenen Strom. Nunmehr wird der Richtmagnet aufgelegt und durch Verschiebung des Schlittens die Lichtmarke genau auf 8,0 gebracht, dann entspricht einem Zentimeter Ausschlag die Stromstärke 0,1 Amp. Damit ist unser Instrument zu einem absoluten Amperemesser geworden. Seine Richtigkeit wird außer durch Vergleich mit vorhandenen geeichten Amperemessern mit Hilfe des Knallgasvoltameters³⁾ für Ströme von 3, 4, 5 Amp. erwiesen. Dabei bietet sich zugleich die Gelegenheit zur Feineichung. Denn bei der Einstellung auf den Teilstrich 8 mußte ja die Fehlergrenze über ein Hundertstel hinausgehen. Die genaue Schlittenstellung wird durch eine besondere, den Schülern sichtbare Marke festgelegt. Von nun ab kann das Instrument jederzeit binnen wenigen Minuten als

¹⁾ Diese Zeitschr. 22, 73; 23, 17.

²⁾ Hinsichtlich der schulmäßigen Behandlung dieses Gesetzes sei auf meine Abhandlungen 20, 145 und 26, 273 in dieser Zeitschr. verwiesen.

³⁾ Das vom Verf. d. Zeitschr. 14, 140 veröffentlichte und in 20jährigem Gebrauch bewährte Präzisions-Knallgasvoltameter sei an dieser Stelle in Erinnerung gebracht.

Amperemesser in Gebrauch genommen werden und reicht dann bis 5,1 Ampere, in welches Bereich wohl alle im Unterricht vorkommenden messenden Versuche mit stärkeren Strömen unterzubringen sind. Doch kann mittels des Schlittens auch auf halbe Empfindlichkeit eingestellt werden, so daß Ströme bis 10 Ampere zulässig sind.

Somit bietet unser Instrument auf der einen Seite den didaktischen Vorteil, das absolute elektromagnetische Maßsystem experimentell zu entwickeln, andererseits haben wir mit ihm einen Amperemesser für den allgemeinen Gebrauch gewonnen, der den bisherigen Schulinstrumenten dieser Gattung an Schnelligkeit, Schärfe und Meßbereich überlegen ist, an Bequemlichkeit kaum nachsteht. Zu beachten ist auch seine durch die starke Mitwirkung des Richtmagneten bedingte Unempfindlichkeit gegen störende Einwirkung der Zuleitung.

Bei einer wichtigen Verwendung des Amperemessers im Unterricht, der Begründung der Widerstandslehre und des Ohmschen Gesetzes, wird es oft erforderlich, den Strom auf eine bestimmte Stärke wiederholt einzustellen. Da wird die Beobachtung durch den einfachen Kunstgriff sehr erleichtert, daß man an der betreffenden Stelle ein weißes Kartontäfelchen mit einer einzigen Strichmarke über die Skala hängt. Auch ist es empfehlenswert, bei der Vergleichung verschiedenartiger Drähte hinsichtlich des Widerstandes nach der Substitutionsmethode, trotz der Verschiedenheit der Stromstärken doch den gleichen beträchtlichen Ausschlag, z. B. 40,0, durch Verschiebung des Richtmagneten innezuhalten. Denn so bleibt die Fehlergrenze bei allen Beobachtungen die gleiche, nämlich $\frac{1}{400}$. —

Einige Kapitel des Galvanismus erfordern die Messung sehr schwacher Ströme bis zur Ordnung des Mikroampere hinab. Zu diesem Zweck dienen die erwähnten Multiplikatorrollen, von denen eine in Figur 3 eingezeichnet ist.

Die Rolle Nr. 1 hat nur 10 Windungen von 0,2 mm starkem Draht mit 0,72 Ohm Widerstand und dient vorwiegend dem didaktischen Zweck, auf sie das absolute Maßsystem anzuwenden. Sie wird den Schülern zugleich mit einer Schublehre übergeben, um die Windungen nachzuzählen und deren Weite und mittleren Abstand von der Schlußplatte auszumessen. Außerdem läßt man den Abstand der beiden Glasflächen des Nadelschränkchens feststellen. So ergaben sich beispielsweise als Windungsradius r 3,00 cm, als Abstand der mittleren Windung von der Nadel 1,50 cm oder $0,5 r$. Mit dieser Zahl berechnen die Schüler nach der vorher entwickelten Formel $J = 5 Hr/\pi z \cdot (1 + n^2)^{1/2} \cdot \text{tg } \alpha$, daß für 1 cm Ausschlag $J = 0,000528$ sein muß. Daß dies wirklich zutrifft, zeigte sich, als man den Strom einer 6-zelligen Akkumulatoren-Batterie, deren jede Zelle die Spannung 1,97 hat, unter Vorschaltung von 1000 Ohm durch die Rolle schickte. Es ergab sich der Ausschlag 22,2; mit 500 Ohm 44,6, woraus nach dem Ohmschen Gesetze $J_1 = 0,000531$.

Um für den allgemeinen Gebrauch mit Hilfe der Rolle Nr. 1 einen Milliamperemesser zu erhalten, bringt man mittels des Richtmagneten den Ausschlag von 44,6 auf $b : 1,97/500 = 23,6$ herab. Es sei noch hervorgehoben, daß bei Verwendung dieser 6 cm weiten Rollen die Ausschläge der Nadel bis ans Ende der Skala in genauer Übereinstimmung mit dem Tangentengesetz bleiben.

Die Rolle Nr. 2 enthält 200 Windungen von 0,6 mm starkem Draht mit 1,8 Ohm Widerstand. Beim Vorschalten von 10000 Ohm in den Kreis von 3 Akkumulatoren erfolgt ohne Richtmagnet der Ausschlag 19,7, woraus $J_1 = 30 \cdot 10^{-6}$ Ampere. Für den Gebrauch stellt man mittels des Richtmagneten die Empfindlichkeit so ein, daß 1 cm Ausschlag ein Hunderttausendstel Ampere anzeigt. Diese Rolle findet Verwendung, wenn es gilt, Ströme sehr niedriger Spannung zu messen, z. B. bei Versuchen mit der Thermosäule, den Grundversuchen über Induktion, den absoluten Messungen mit dem Erdinduktor.

Die Rolle Nr. 3 erhält 1000 Windungen von 0,1 mm starkem Draht und dient zur Messung der äußerst schwachen, aber hoch gespannten Ströme der Elektrisier-

maschine, Influenzmaschine oder anderer „elektrostatischer“ Apparate. Die Empfindlichkeit wird auf 1 Mikroampere für 1 cm Ausschlag eingestellt. —

Das beschriebene Instrumentarium hat sich, wie bereits in der Einleitung betont worden, namentlich in seiner Zurichtung als Amperemesser im Schulbetrieb so bewährt, daß andere Schulgalvanometer, darunter auch das von mir seit langen Jahren mit Vorliebe verwendete Wagegalvanometer¹⁾, in den letzten zwei Jahren sehr selten auf den Experimentiertisch kamen. Schließlich sei nochmals hervorgehoben, daß bei der Konstruktion außer der Schulmäßigkeit und Wissenschaftlichkeit mit allem Fleiße auch Wohlfeilheit und die Möglichkeit angestrebt wurde, den ganzen Apparat in der Schulwerkstatt aus leicht erhältlichen und, abgesehen von dem Draht für die Multiplikatorrollen, wenig kostenden Materialien zusammenzubauen. Die nackte Bank wird man sich freilich, wie ich es auch getan, von einem Tischler anfertigen lassen. Alles übrige kann man selbst machen. Aber die zusammenzubringenden Teilstücke sind zahlreich und sehr verschiedenartig, so daß das Ganze erst nach Wochen fertig werden wird. Besondere Geschicklichkeit wird nicht verlangt, wohl aber Geduld und Gewissenhaftigkeit. Das gelungene Werk wird Lehrer und Schülern Freude machen und dem Unterricht nützlich und förderlich sein.

Anhangsweise soll hier noch die vom Verf. früher²⁾ ausgearbeitete Zahlentafel für die Herstellung der in bezug auf die Winkelverdopplung korrigierten Skala für 1 m Skalenabstand wieder abgedruckt werden. Sie hat bis zum 10. Strich reine Zentimeterteilung; auch bis zum 20. Strich weicht sie kaum sichtbar davon ab; erst bei 45 erweitert sich der Strichabstand auf 1,2 cm. In den Zeilen a) sind der Reihe nach die Teilstriche, unter b) die zugehörigen Abstände vom Nullpunkt in Zentimetern aufgeführt.

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 cm	
a)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
b)	19,20	20,23	21,26	22,30	23,33	24,36	25,40	26,45	27,50	28,55	29,60 cm
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 cm	
a)	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
b)	41,60	42,75	43,90	45,05	46,20	47,35	48,50	49,70	50,90	52,15	53,45 cm

Berlin-Lichterfelde, Drakestr. 32.

¹⁾ Vergl. diese Zeitschr. 10, 4. Müller, Technik d. phys. Unterr. 262.

²⁾ Diese Zeitschr. 22 (1909), S. 5.

Bestimmung von $\kappa = c_p/c_v$ mittels des Apparats zur Darstellung des Carnotschen Kreisprozesses.

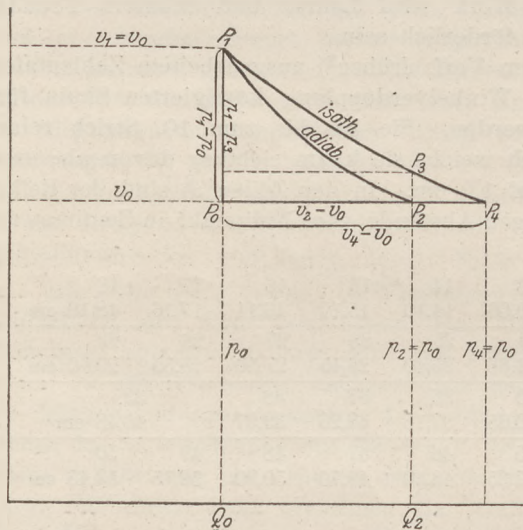
Von Dr. Emil Schulze in Altenburg (S.-A.).

Der im vorhergehenden Heft S. 103 beschriebene Apparat zur Darstellung des CARNOTSchen Kreisprozesses ist mehrfacher Verwendung im Unterricht fähig. Namentlich eignet er sich gut zur Ermittlung von $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$.

Zunächst sei hervorgehoben, daß der von Quecksilber entleerte Apparat eine Vorrichtung darstellt, wie sie CLÉMENT und DESORMES zur Bestimmung von κ benutzt haben. Hat man der Luft in der Kugel durch den Trichtermund etwas Luft zugeführt, so daß nach Schließen des Hahns der Stand der beiden Flüssigkeitssäulen des Manometers, der vorher ± 0 war, nach einiger Zeit ± 14 ist, und öffnet dann für kurze Zeit den Hahn, so stellen sich die Flüssigkeitssäulen auf $\pm 3,8$ ein. Aus der Näherungsformel $\kappa = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_3}$ ergibt sich für unser Beispiel $\kappa = \frac{14 - 0}{14 - 3,8} = 1,37$.

Ogleich der Versuch, der auch mit dem in vielen Sammlungen befindlichen Looser-
schen Thermoskop in Verbindung mit einer Flasche angestellt werden kann, nur
wenige Minuten Zeit in Anspruch nimmt, verzichten doch fast alle Lehrbücher auf
die Ermittlung von κ trotz der Wichtigkeit dieser Konstante. Der Grund des Ver-
zichts liegt wohl in erster Linie in dem Umstand, daß die Ableitung der Näherungs-
formel, so einfach sie auch ist, den Schülern schwer verständlich ist. Es ist dazu
die Aufstellung folgenden Gedankenversuchs nötig:

Bei adiabatischer Zustandsänderung, wenn P von P_1 aus auf adiabatischer
Kurve $P_1 P_2$ (s. d. Figur) nach P_2 sich bewegt, wird bekanntlich der abgesperrten Luft
Wärme weder zugeführt, noch von ihr fortgeführt. Nun denkt sich z. B. GRIMSEHL
in seinem Lehrbuch den Punkt P von P_1 statt auf der adiabatischen Kurve auf dem
Umweg $P_1 P_0 P_3$ nach P_2 übergeführt und nimmt an, daß die auf dem Wege $P_1 P_0$
zugeführte Wärme $G \cdot c_v \cdot (T_1 - T_0)$ vermindert um die auf dem Wege $P_0 P_2$ weg-
geführte Wärme $G \cdot c_p \cdot (T_2 - T_0)$ um so geringer ist, je kleiner die Temperatur-
differenzen sind; G bedeutet das Gewicht



der abgesperrten Luft. Da $\frac{T_1}{T_0} = \frac{p_1}{p_2}$,
 $\frac{T_2}{T_0} = \frac{v_2}{v_1}$ ist, so nimmt der Ausdruck
 $G \cdot c_v \cdot (T_1 - T_0) - G \cdot c_p \cdot (T_2 - T_0)$ die
Form an: $G \cdot c_v \cdot \frac{p_1 - p_2}{p_2} T_0 - G \cdot c_p \cdot$
 $\frac{v_2 - v_1}{v_1} T_0$. Setzt man ihn gleich Null,
so ergibt sich für κ die Näherungsformel
 $\kappa = \frac{p_1 - p_2}{v_2 - v_1} \cdot \frac{v_1}{p_2}$. Werden die Differenzen
zu Differentialen, so erhält man die
Differentialgleichung $\kappa = \frac{dp}{dv} \cdot \frac{v}{p}$, deren
Integration zur POISSONschen Formel
 $\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^\kappa = \frac{p_1}{p_2}$ führt.

In dem CLÉMENT-DESORMESchen Versuch wandert P nach Zurücklegung der
adiabatischen Kurve $P_1 P_2$ noch von P_2 nach P_3 , wo P_3 auf der isothermischen Kurve
 $P_1 P_4$ liegt. Da $\frac{p_1}{p_3} = \frac{v_2}{v_1}$ und daher $\frac{p_1 - p_3}{p_3} = \frac{v_2 - v_1}{v_1}$ ist, so gelangt man zu dem von

CLÉMENT und DESORMES benutzten Näherungswert $\kappa = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_3}$.

Das Verständnis für die Ableitung dieses Näherungswertes wird den Schülern
noch dadurch erschwert, daß sie bei Anstellung des CLÉMENT-DESORMESchen Versuchs
beobachten, daß die abgesperrte Luftmenge während des Versuchs gar nicht dieselbe
bleibt, sondern eine Verminderung erfährt, denn bei der adiabatischen Zustands-
änderung entweicht Luft unter Zischen. Wie kann man da von einer Volumverände-
rung der abgesperrten Luftmenge sprechen! Looser führt deshalb in der von ihm
gegebenen Ableitung statt der Volumina die Dichten ein, doch wird dadurch die Ab-
leitung nicht leichter verständlich.

Im folgenden soll ein mit meinem Apparat anzustellender Versuch beschrieben
werden, dessen Hauptvorzug darin besteht, daß das zu der obigen Näherungsformel
 $G \cdot c_v \cdot (T_1 - T_0) - G \cdot c_p \cdot (T_2 - T_0) = 0$ führende Gedankenexperiment durch ein aus-
führbares Experiment ersetzt wird. Die abgesperrte Luft in der Kugel soll einem
Kreisprozeß unterworfen, der Punkt P von P_0 auf dem Wege $P_0 P_1 P_2 P_0$ nach P_0

zurückgeführt werden. Dieser Kreisprozeß möge durch ein Zahlenbeispiel, das einem gut gelungenen Versuch entnommen ist, erläutert werden.

Bei Beginn des Versuchs habe die abgesperrte Luft das Volumen 1440 ccm, die Zimmertemperatur 18,3° C und stehe unter Atmosphärendruck, der zur Zeit der Anstellung des Versuchs gleich dem Druck einer 688 cm hohen Säule verdünnter Schwefelsäure vom spez. Gew. 1,5 sein möge (die Schwefelsäure im Manometer hat dieses spez. Gew.). Im Anfangszustand sei also

$$v_0 = 1440 \text{ ccm} \qquad p_0 = 688 \text{ cm} \qquad T_0 = 291,3^\circ.$$

Füllt man jetzt bei geschlossenem Hahn die Glocke mit warmem Wasser, so ändert sich der Manometerstand, der im Anfangszustand ± 0 war, indem die rechte Flüssigkeitssäule annähernd bis zum Teilstrich 25 steigt, die andere um ebensoviel sinkt. Das Volumen der abgesperrten Luft ist bei dieser Zustandsänderung, bei der P von P_0 nach P_1 wandert, nahezu unverändert geblieben. Eine geringe Veränderung um ca. 3 ccm ist durch das Sinken der linken Flüssigkeitssäule bewirkt worden. Um zu erreichen, daß in P_1 die abgesperrte Luft genau dasselbe Volumen wie in P_0 hat, gieße man in den Trichter 3 ccm Quecksilber, öffne den Hahn und hebe den Trichter ein wenig, bis das Quecksilber im Trichterhals genau bis zur Marke reicht. Ergibt die Messung die Temperatur 40° C und den Manometerstand ± 25 , so ist im Punkt P_1

$$v_1 = v_0 = 1440 \text{ ccm} \qquad p_1 = 738 \text{ cm} \qquad T_1 = 313^\circ.$$

Um jetzt den Punkt P auf adiabatischer Kurve von P_1 nach P_2 wandern zu lassen, bringe man bei geschlossenem Hahn den Trichter in möglichst tiefe Lage und öffne für einen Augenblick den Hahn. Die rechte Säule fällt, die linke steigt zwar äußerst schnell, doch gelingt es bei einiger Übung ziemlich gut, daß nach Schließen des Hahns der ursprüngliche Manometerstand ± 0 wieder erzielt wird. Mittels des Meßzylinders stellt man fest, daß während der adiabatischen Zustandsänderung 81 ccm Quecksilber aus der Kugel ausgeflossen sind. Da die linke Säule von -25 auf 0 gestiegen ist, so ist hierdurch das Volumen der abgesperrten Luft um 3 ccm verkleinert worden, so daß in P_2 das neue Volumen $v_2 = v_1 + 81 - 3 = 1518$ ccm vorhanden ist. Den Stand ± 0 behält das Manometer nicht, sondern nimmt den neuen Stand $\pm 6,5$ an, denn die durch die Volumenvergrößerung auf die Temperatur T_2 abgekühlte Luft nimmt bald wieder die Temperatur T_1 des warmen Wassers an. P bewegt sich auf vertikaler Linie von P_2 nach P_3 . Durch Zugießen von kaltem Wasser in die Glocke sucht man zu erreichen, daß das Manometer wieder auf den Stand ± 0 zurückgeht, P sich wieder von P_3 nach P_2 zurück begibt. Die Messung der kühleren Temperatur ergibt 34° C. Daher ist

$$\begin{array}{lll} v_2 = 1518 \text{ ccm} & p_2 = p_0 = 688 \text{ cm} & T_2 = 307^\circ \\ v_3 = v_2 = 1518 \text{ ccm} & p_3 = 701 \text{ cm} & T_3 = T_1 = 313^\circ. \end{array}$$

Man bringe den Trichter in höhere Lage und regele diese so, daß nach Öffnen des Hahns der Manometerstand ± 0 bleibt. Gießt man jetzt aus dem Meßzylinder 78 ccm Quecksilber in den Trichter, entfernt mittels eines Saughebers das warme Wasser aus der Glocke und senkt den Trichter so langsam, daß während dieser Zustandsänderung, wo die Temperatur der abgesperrten Luft von 34° C auf die Zimmertemperatur 18,3° C zurückgeht, der Manometerstand ± 0 sich nicht ändert, so werden die 78 ccm Quecksilber aus dem Trichter wieder in die Kugel gepreßt. Hiermit ist P von P_2 in horizontaler Linie nach P_0 zurückgewandert und der Kreislauf beendet.

Während des Kreislaufs hat die abgesperrte Luft auf dem Wege P_0P_1 die Wärmemenge $G \cdot c_v \cdot (T_1 - T_0)$ aufgenommen und auf dem Wege P_2P_0 die Wärmemenge $G \cdot c_p \cdot (T_2 - T_0)$ abgegeben, wo G das Gewicht der abgesperrten Luft bedeutet. Durch den Wärmeüberschuß $G \cdot c_v \cdot (T_1 - T_0) - G \cdot c_p \cdot (T_2 - T_0)$ ist der durch die Dreiecksfläche $P_0P_1P_2$ dargestellte Arbeitsgewinn erzielt worden. Ist dieser Arbeitsgewinn

im Vergleich zu der durch die Fläche $P_1 P_2 Q_1 Q_2$ dargestellten Arbeit, die hätte geleistet werden können, wenn die ganze zugeführte Wärmemenge in Arbeit hätte umgewandelt werden können, sehr gering, wie das im vorliegenden Versuch der Fall ist, so ergibt die Nullsetzung des Wärmeüberschusses für κ die Näherungsformel

$$\kappa = \frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0}, \quad \text{im Beispiel } \kappa = \frac{313 - 291,3}{307 - 291,3} = 1,38. \quad (1)$$

Da $\frac{v_2}{v_0} = \frac{T_2}{T_0}$ und $\frac{v_2}{v_0} = \frac{v_3}{v_1} = \frac{p_1}{p_3}$ ist, so ist $\frac{p_1}{p_3} = \frac{T_2}{T_0}$ und daher $\frac{T_2 - T_0}{T_0} = \frac{p_1 - p_3}{p_3}$. Ebenso folgt aus $\frac{p_1}{p_0} = \frac{T_1}{T_0}$ die Gleichung $\frac{T_1 - T_0}{T_0} = \frac{p_1 - p_0}{p_0}$. Durch Einsetzung in die erste Näherungsformel wird für κ eine zweite gewonnen

$$\kappa = \frac{p_1 - p_0}{p_1 - p_3} \cdot \frac{p_3}{p_0}, \quad \text{im Beispiel } \kappa = \frac{738 - 688}{738 - 701} \cdot \frac{701}{688} = 1,41. \quad (2)$$

Sie ist etwas genauer als die von CLÉMENT-DESORMES aufgestellte Formel $\kappa = \frac{p_1 - p_0}{p_1 - p_3}$.

Endlich läßt sich noch eine dritte Näherungsformel gewinnen, wenn man den Punkt P , bevor er auf der adiabatischen Kurve von P_1 nach P_2 wandert, sich auf isothermischer Kurve von P_1 nach P_4 und wieder zurück bewegen läßt. Man senke, wenn die abgesperrte Luft den Zustand v_1, p_1, T_1 angenommen hat, bei offenem Hahn den Trichter langsam so tief, daß der Manometerstand, der im Punkt $P_1 \pm 25$ war, auf ± 0 zurückgeht. Durch dieses Senken des Trichters werden in ihn aus der Kugel 110 ccm Quecksilber gepreßt, wie mittels des Meßzylinders festgestellt wird. Dieses Quecksilber wird dann wieder in den Trichter gegossen und letzterer langsam gehoben, bis der Manometerstand ± 25 erreicht, P wieder nach P_1 zurückgekehrt ist. Im Punkt P_4 ist

$$v_4 = v_1 + 110 - 3 = 1547 \text{ ccm} \quad p_4 = p_0 = p_2 = 688 \text{ cm} \quad T_4 = T_1 = T_3 = 738^\circ.$$

Da $\frac{T_2}{T_0} = \frac{v_2}{v_0}$ und $\frac{T_4}{T_0} = \frac{T_1}{T_0} = \frac{v_4}{v_0}$ ist, so folgt aus der Näherungsformel (1) die dritte Formel

$$\kappa = \frac{v_4 - v_0}{v_2 - v_0}, \quad \text{im Beispiel } \kappa = \frac{1547 - 1440}{1518 - 1440} = 1,37. \quad (3)$$

Die Ableitung dieses dritten Näherungswertes ist besonders deshalb zu empfehlen, weil die Schüler die beiden von P_1 ausgehenden Kurven, die adiabatische Kurve $P_1 P_2$ und die isothermische $P_1 P_4$ nicht durch theoretische Erwägungen, sondern durch den Versuch selbst kennen lernen.

Der hier geschilderte Versuch zur Ermittlung von κ nimmt zwar viel mehr Zeit in Anspruch, als der CLÉMENT-DESORMESsche Versuch, hat aber den großen Vorzug, daß er selbst und kein Gedankenversuch der Wegweiser zur Auffindung von κ ist. Das Verständnis wird nicht, wie bei dem CLÉMENT-DESORMESschen Versuch, dadurch erschwert, daß ein Teil der abgesperrten Luft unter Zischen entweicht, sondern die Menge der abgesperrten Luft bleibt während der Zustandsänderungen dieselbe.

Sehr erleichtert wird die Darstellung des geschilderten Kreisprozesses, wenn der Apparat in vorangegangenen Unterrichtsstunden zur Erläuterung des Gay-Lussacschen Gesetzes herangezogen, Punkt P von P_0 aus einmal auf horizontaler Linie nach P_4 , sodann in vertikaler Linie nach P_1 geführt worden ist. Im ersten Fall wird der Ausdehnungskoeffizient α , im zweiten der Druckkoeffizient α' gefunden, wobei sich ergibt $\alpha = \alpha'$.

Zum Schluß sei noch hervorgehoben, daß der Apparat auch zur Erläuterung des Gedankenversuchs von ROBERT MAYER gute Dienste tut. Gießt man bei geschlossenem Hahn warmes Wasser in die Glocke, so wird der abgesperrten Luft die Wärmemenge $Q_v = G \cdot c_v \cdot (T_1 - T_0)$ zugeführt. Geschieht die Erwärmung dagegen bei geöffnetem Hahn, indem man während des Eindringens der Wärme zur abgesperrten Luft dem Trichter eine solche Stellung gibt, daß der anfängliche Manometerstand ± 0 erhalten bleibt, die Erwärmung unter konstantem Druck vor sich geht, so ist die zugeführte Wärme $Q_p = G \cdot c_p \cdot (T_1 - T_0)$; sie ist größer als Q_v , denn sie dient außer zur Temperaturerhöhung wie vorhin auch noch zur Leistung von Arbeit, indem sie dem Druck p_0 entgegen $(v_1 - v_0)$ ccm Quecksilber in den Trichter preßt. Da hiernach durch den Wärmeüberschuß $Q_p - Q_v$, d. i. durch $G \cdot (c_p - c_v) \cdot (T_1 - T_0)$ Kalorien die Arbeit $p_0 \cdot (v_1 - v_0)$ Grammzentimeter geleistet worden ist, so ist die Arbeitsleistung \mathfrak{J} einer Kalorie

$$\mathfrak{J} = \frac{p_0 \cdot (v_1 - v_0)}{G \cdot (c_p - c_v) \cdot (T_1 - T_0)}$$

In dieser Formel sind alle Größen bekannt; G ist leicht zu ermitteln, denn es ist $G = s \cdot V$, wo $s = 0,001293$ das Gewicht von 1 ccm Luft bei dem Normaldruck $P = 1033$ cm und der Normaltemperatur $T = 273^\circ$ ist und V , das Volumen der abgesperrten Luft bei diesem Normaldruck und dieser Normaltemperatur, sich aus der Formel $\frac{V \cdot P}{v_0 \cdot p_0} = \frac{T}{T_0}$ ergibt.

Es empfiehlt sich, die Wärmeäquivalenzzahl \mathfrak{J} zunächst mittels obiger Formel unter Verwendung der aus dem Versuch erhaltenen Zahlenwerte zu ermitteln und hierauf erst den Ausdruck für \mathfrak{J} unter Benutzung der Gleichungen $\frac{v_1 - v_0}{T_1 - T_0} = \frac{v_0}{T_0}$,

$G = s \cdot V$, $\frac{VP}{v_0 p_0} = \frac{T}{T_0}$ auf die Form

$$\mathfrak{J} = \frac{P}{s \cdot T \cdot (c_p - c_v)} = \frac{1033}{0,001293 \cdot 273 \cdot 0,0686}$$

zu bringen. Die Schüler haben durch diesen Gang der Untersuchung die Einsicht gewonnen, daß ROBERT MAYER gar nicht nötig hatte, einen messenden Versuch anzustellen, sondern daß ihm ein Gedankenexperiment zur Auffindung des Wärmeäquivalents genügt hat.

Zur Theorie und Praxis des Pendels.

Von Dr. H. Hermann in Tübingen.

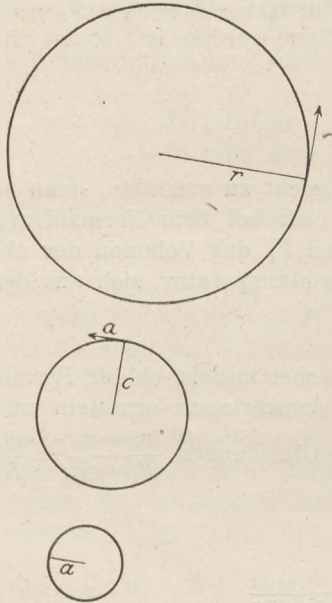
1. Das Gesetz der harmonischen Schwingung.

Zur Ableitung der Gesetze der harmonischen Schwingung aus denen der gleichförmigen Kreisbewegung kann man bei Schülern, die noch nicht differenzieren und integrieren gelernt haben, die folgende Methode verwenden.

Der Hodograph der gleichförmigen Kreisbewegung (siehe die Schulphysikbücher für die Oberstufe von MACH, ROSENBERG u. a.) zeigt eine ebenfalls gleichförmige Kreisbewegung, welche dieselbe Umlaufzeit T wie die Bahnbewegung aufweist. Bestimmt man den Ort sowohl für den Bahnpunkt, als für den ihm zugeordneten Hodographenpunkt durch die Halbmesser (r für die Bahn, c für den Hodographen) und die Richtungswinkel gegen eine feste Richtung (Anfangsrichtung des Bahnhalbmessers zur Zeit $t = 0$), so ist wegen des rechten Winkels zwischen Bahnhalmesser und Bahntangente (welche ja die Richtung des zugeordneten Hodographenhalbmessers angibt), der Rich-

tungswinkel des Hodographenpunktes, je nach dem Umlaufssinn, im Bogenmaß um $\pi/2$ größer oder kleiner als der des Bahnpunktes. Nennt man den Umlaufssinn der Bahnbewegung positiv, so ist, da der Richtungswinkel des Bahnpunktes in Bogenmaß $2\pi t : T$ beträgt, derjenige des zugeordneten Hodographenpunktes $2\pi t : T + \pi/2$.

Nun läßt sich zu der Hodographenbewegung abermals ein Hodograph angeben, welcher in bezug auf die Bahnbewegung der „zweite Hodograph“ genannt werden kann. War der Halbmesser des ersten Hodographen das Verhältnis des Wegzuwachses zum Zeitzuwachs (Geschwindigkeit c), so wird folgerichtig der Halbmesser des zweiten Hodographen das Verhältnis des Geschwindigkeitszuwachses zum Zeitzuwachs (Beschleunigung a). Denn die Ortsveränderung des Bahnpunktes ergab sich durch geometrische Addition eines Kreisbahnstückchens zu dem den Ort bestimmenden gerichteten Halbmesser r ; entsprechend ergibt sich das Fortschreiten von einem ersten Hodographenpunkt zu einem Nachbarpunkt durch geometrische Addition eines Hodographenstückchens zu dem den Hodographenpunkt bestimmenden gerichteten Halbmesser c . Das Hodographenstückchen (Geschwindigkeitszuwachs) spielt also beim zweitenmal die Rolle, welche beim erstenmal das Kreisbahnstückchen (Wegzuwachs) spielte. Der Richtungswinkel des zweiten Hodographenhalbmessers ist derjenige der Tangente im Endpunkt des ersten Hodographenhalbmessers; ihre Richtung ist derjenigen des Bahnhalbmessers gerade entgegengesetzt. Bei positivem Umlaufssinn ist somit der Richtungswinkel des zweiten Hodographenpunktes zur Zeit t gleich $2\pi t : T + \pi$.



Nunmehr werde auf Bahn, ersten und zweiten Hodographen gleichzeitig die Parallelprojektion in einer und derselben Projektionsrichtung angewandt. Die durch Projektion des Bahnhalbmessers r erhaltene Ausweichung heiße x ; die durch Projektion des Hodographenhalbmessers c erhaltene veränderliche Geschwindigkeit heiße v ; die durch Projektion des zweiten Hodographenhalbmessers a erhaltene veränderliche Beschleunigung heiße b . Dann ergibt sich

$$\begin{aligned} x &= r \sin(2\pi t : T) \\ v &= c \sin(2\pi t : T + \pi/2) = c \cos(2\pi t : T) \\ b &= a \sin(2\pi t : T + \pi) = -a \sin(2\pi t : T). \end{aligned}$$

Man entdeckt durch den Vergleich der letzten mit der ersten Gleichung

$$b : x = -a : r$$

das Beschleunigungsgesetz der harmonischen Schwingung und durch Einsetzen des Wertes der Fliehbeschleunigung $a = c^2 : r$ das Gesetz für die Schwingungszeit T .

In der Figur ist $r = 4$, $c = 2$ gewählt, woraus $a = 1$ folgte.

2. Das Parallelogrammpendel.

GRIMSEHLS Bestreben, ein Pendel mit großer Masse und dennoch unmittelbar meßbarer Länge zu konstruieren (*ds. Zeitschr.* 18, 35) läßt sich für Schulzwecke einfacher mit Hilfe des, wie es scheint, hierzu noch nicht angewandten Hirnschen Pendels verwirklichen. Man hängt einen beliebigen starren Körper als „Linse“ an zwei gleich langen, gleichlaufenden leichten weichen Fäden auf und läßt diese beim Schwingen in ihrer Ebene verbleiben. Dann ist die Bewegung jedes „Linsen“punktes eine Parallelverschiebung zu derjenigen der Fadenendpunkte; also ist, abgesehen von dem sehr kleinen Fadeneinfluß, die Fadenlänge die mathematische Pendellänge.

Zur Befestigung der Fäden benutze ich eine Sägefeilkuppe, leichteste Nummer (2 kg schwer). Sie gleicht einem breiten Schraubstock, hat aber Schnellspannung mit Kniehebel, die bei den meisten Exemplaren an einem Ende etwas früher schließt als an dem andern, so daß man, nachdem ein Faden festgeklemmt ist, den anderen noch verschieben kann, ehe man die Kuppe ganz schließt. Leinenfaden Nr. 30 besitzt genügende Tragkraft, muß jedoch erst einige Zeit unter Belastung gegangen haben, bis er sich nicht mehr reckt. Als Pendelkörper verwende ich einen genau gehobelten Holzkasten, an dessen Oberrand die Fäden mit Messingplättchen durch Schrauben angeklemt wurden.

Ich wähle als Pendellänge wie GRIMSEHL 1 m. Diese Länge läßt sich bei meinem Pendel leicht genau einstellen, indem man die Fäden erst um ein geringes kürzer klemmt und dann so lange den Kasten belastet, bis ein Meterstab (Endmaß, wie im Ellenwarenhandel gebräuchlich) sich gerade zwischen Kasten und Kuppe einschieben läßt. Zum schwankungsfreien Ingangsetzen läßt man ein Fadenende über die Klemmplatte am Pendelkörper eine Spanne weit hervorragen, stellt einen Stativstab mit dem Rande in die Flucht der beiden Pendelfäden und führt das genannte Fadenende an ihm vorbei in eine passende Klemme, unter ein Gewicht o. dgl. Nach kurzer Zeit hängt das Pendel ruhig und beginnt beim Lüften der Klemme erschütterungsfrei zu schwingen.

Im Lehrsaal befestigte ich die Kuppe an einem Holzklotz, der auf einem Theodolitdreifuß mit Zwingen festgehalten wurde. Ich erhielt jedoch so zu langsames Schwingen, was auf Mitschwingen der Aufhängung zurückzuführen war. Unter Beschränkung auf zweizifferige Quotienten konnte man aus 10 bis 20 Hin- und Hergängen Unabhängigkeit der Schwingungszeit von der Weite und Masse und $g = 9,8$ nachweisen.

Für die Berechnung von g aus der Schwingungszeit des Meterpendels ist hierbei (zum Gebrauch durch den Lehrer) folgende Näherungsmethode bequem. Man sucht (Schüleraufgabe) den Wert von g , für welchen die Zeit eines Hin- und Herganges $T = 2$ Sekunden wird; er beträgt 987 cm sec^{-2} . Nun ist

$$\frac{\partial g}{\partial T} = -\frac{8\pi^2 l}{T^3} \approx -10^3$$

für $T = 2 \text{ sec}$, $l = 100 \text{ cm}$; für jede Tausendstelsekunde Zunahme von T ist also g um eine Einheit der dritten Ziffer (cm) zu vermindern. Ist l nicht genau 100 cm, so ist, wegen

$$\frac{\partial g}{\partial l} = \frac{4\pi^2}{T^2} \approx 10 \text{ (für } T = 2 \text{ sec),}$$

g für jedes Millimeter Zunahme von l um eine Einheit der dritten Ziffer (cm) zu vermehren.

Zur genauen Bestimmung von g wurde die Kuppe an der Oberschwelle einer Tür angeschraubt (wofür mir Herr Fabrikant Horkheimer, Rottenburg, das Laboratorium seines Sohnes, Schülers unserer Anstalt, zur Verfügung stellte). Der Pendelkörper war mit einer weißen Marke versehen, deren Ruhelage durch einen vorgesetzten Zeiger angegeben wurde, um den genauen Durchgangsaugenblick erkennbar zu machen. Die benutzte Stoppuhr wurde über Zeiten von der benötigten Länge (34 Minuten) mit einer fehlerfreien Glashütter Taschenuhr in voller Übereinstimmung befunden. Der Endmaßstab wurde mit einem (von Herrn Optiker Metzger zur Verfügung gestellten) Normalmaßstab verglichen und bei 18° C gleich $0,9990 \text{ m}$ gefunden. Der Normalstab war bei 16° C richtig; es war also keine Temperaturverbesserung erforderlich. Man fand als Dauer von 1000 Hin- und Hergängen $2005,2 \text{ sec}$. Hieraus ergibt die Näherungsrechnung $g \approx 987 - 5,2 - 1 = 980,8$; die logarithmische Rechnung $g = 980,9$. Letztere Zahl ist, wie aus Rex, Logarithmentafeln Anhang S. 174 ohne Rechnung ersehen werden kann, der genaue für hiesige Breite ($48^\circ 31'$) gültige Wert.

Der Foucaultsche Pendelversuch im Unterricht.

Von Dr. F. Keutel in Peine.

In den folgenden Zeilen möchte ich die Aufmerksamkeit auf eine Anordnung des Foucaultschen Pendelversuchs lenken, die zwar in den Einzelheiten nicht neu ist, die aber wegen der ausführlichen Versuchsangaben und der guten Ergebnisse von Interesse sein dürfte. Wenn der Versuch für den Schulunterricht gut verwendbar sein soll, so mußte die Pendellänge kurz sein, etwa 2—3 m, die in jedem Schulzimmer zur Verfügung stehen. Dadurch war bedingt, daß der Versuch nicht allzu lange dauern durfte, wegen der Abnahme der an sich schon kleinen Schwingungswerten. Um nun trotzdem zu großen Ausschlägen zu kommen, wurden die Ausschläge durch eine Schattenprojektion so stark vergrößert, daß die Abweichungen von der ursprünglichen Schwingungsrichtung bereits in wenigen Sekunden sichtbar werden und in drei Minuten bereits gut ausmeßbare Werte geben. Infolge der kurzen Versuchsdauer fallen dann die bei längerer Dauer nicht immer leicht vermeidbaren Störungen durch Luftzug fort, so daß das Pendel hinreichend genau in einer Ebene

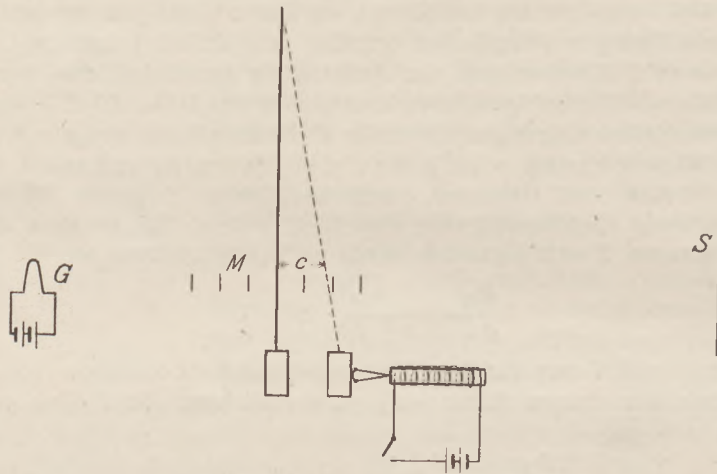


Fig. 1.

schwingt. (Man vergleiche WEINHOLDS Phys. Dem. und, auch über die Theorie des Versuchs, die früheren Jahrgänge dieser Zeitschrift. Ferner ROSENBERG, Experimentierbuch Bd. II und die darin angegebene Arbeit von ADOLPH (*ds. Zeitschr.* 8, 312), in der dieselbe Projektionsart benutzt wird; leider wurde ich erst nach Ausarbeitung der vorliegenden Versuchsanordnung auf die ADOLPH'sche Arbeit aufmerksam.) Weiter kam für unsere Schulverhältnisse hinzu, daß der Versuch mit vorhandenen Mitteln angestellt werden mußte, da Umänderungen und Neubauten wegen des dürftigen Werkzeugbestandes für uns kaum möglich sind.

Die Versuchsanordnung ist aus Fig. 1 zu ersehen. G ist eine 4-Volt-Glühlampe mit bügelförmigem Draht, der mit dem Pendeldraht in einer Ebene liegt; sie wirft von ihm einen Schatten auf den Schirm S . Völlige Verdunkelung des Zimmers ist hierzu nicht nötig, nur muß direktes Licht auf den Schirm vermieden werden. Der Pendeldraht besteht aus Klaviersaitendraht von 0,5 mm Dicke und 277 cm Länge, so daß die Versuchsanordnung auf dem Experimentiertisch aufgebaut werden kann. Der Draht ist in eine Stativdoppelklemme mit einem Stück Holz festgeklemmt derart, daß Holzstück und Klemme nach unten glatt abschneiden, so daß der Draht nach allen Seiten gleichmäßig eingeklemmt ist. Aus Fig. 2 ist das nähere zu ersehen. Die

Stativklemme wird dann mit der anderen Klemme an einem Deckenhaken festgeschraubt. Als Pendelkörper dient der Torsionskörper von 688 g Gewicht aus dem NOACKSchen Universalapparat für Mechanik (*ds. Zeitschr.* 23, 141), der ein einfaches Klemmfutter zum Festhalten des Drahtes trägt. Daß das Pendel wirklich nach allen Seiten gleichmäßig beweglich war, ergab sich aus Versuchen, bei denen sich für zwei aufeinander senkrecht stehende Anfangsrichtungen der Schwingungsebene, längs und quer des Experimentiertisches, immer dieselbe Abweichung ergab. *M* ist ein Maßstab mit Spiegelstreifen zum Messen der Schwingungsweite. Er ist mit einem Stativ in Höhe der Glühlampe und der Stelle auf dem Schirm, an der die Verschiebungen der Schattenbilder des Drahtes gemessen werden sollen, aufgestellt.

Die Auslösungsvorrichtung machte anfangs einige Schwierigkeiten, die durch eine elektromagnetische Auslösung behoben sind. Kommt es nicht auf zahlenmäßig möglichst gut auswertbare Ergebnisse an, will man sich mit der Demonstration der Erdumdrehung begnügen, so genügt die übliche Fadenschleife und das Durchbrennen des Fadens. Jedoch treten hierbei leicht elliptische Schwingungen auf, die zwar mit bloßem Auge nicht sichtbar sind, die aber bei der gewählten Art der Zentralprojektion nach beiden Seiten von der Nulllage zu große Ausschläge ergeben. Einwandfrei arbeitet die elektrische Auslösung nach Fig. 1. Um den Pendelkörper wird in Höhe des Schwerpunktes ein eiserner Draht oder Blechstreifen gelegt, falls der Pendelkörper nicht schon aus Eisen besteht. Bei dem Pendelkörper aus dem NOACKSchen Apparat genügt die eine in den Messingmantel hineingeschraubene kleine eiserne Schraube. Als Elektromagnet dient ein Hufeisenmagnet aus einer Klingel oder besser ein Stabmagnet, dessen Drahtwiderstand aber so bemessen sein muß, daß er etwa 3—5 Minuten mit Strom belastet werden kann, ohne zu heiß zu werden. Zwischen Magnet und Pendelkörper wird ein leicht bewegliches Eisenstück, und zwar eine eiserne Holzschraube von 2—3 cm Länge mit rundem Kopf magnetisch befestigt, damit sich das Pendel frei einstellen kann und nach dem Loslassen keine Drehbewegungen und daraus leicht entstehende elliptische Schwingungen ausführt. Der Schirm *S* besteht aus einem Bogen weißen Papiers, das mit Büroklammern an ein Stück Pappe angeheftet und mit einigen schweren Holzklötzen senkrecht aufgestellt ist. Das Papier erhält zur Bezeichnung der Nulllage einen kräftigen senkrechten und in Höhe der Glühlampe einen wagerechten Strich.

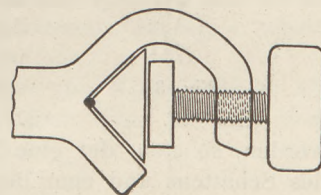


Fig. 2.

Der Versuch spielt sich folgendermaßen ab. Zunächst wird die Glühlampe so gedreht, daß das Schattenbild des Stahldrahtes möglichst schmal und scharf auf dem Schirm erscheint. Dann wird der Schirm so verschoben, daß der senkrechte Strich in die Mitte des Drahtschattens kommt. Darauf wird der Magnet eingeschaltet, das Pendel erhält einen Ausschlag von einigen Zentimetern und die Schraube wird in der aus der Figur ersichtlichen Weise zwischen Magnet und Pendelkörper magnetisch befestigt. Bei dieser Ablenkung des Pendels aus der senkrechten Lage hat sich aber das Schattenbild aus der Nulllage entfernt; deshalb wird der Elektromagnet, der in ein Stativ eingeklemmt ist, seitwärts vorsichtig verschoben, bis das neue Schattenbild wieder mit der Nulllage auf dem Schirm zusammenfällt. Man wartet nun so lange, gewöhnlich 1—3 Minuten, bis das Pendel keine Schwingungen mehr macht, was infolge der starken Vergrößerung durch die gewählte Art der Projektion leicht am Schattenbild auf dem Schirm beobachtet werden kann. Ist das Pendel ruhig, wird der Magnet ausgeschaltet; das Pendel schwingt, die Schraube fällt vom Magneten ab auf den Tisch, die Stoppuhr wird in Gang gesetzt und das Schattenbild beobachtet. Bei den ersten Schwingungen darf an dem Schattenbild von den Pendelschwingungen nichts zu sehen sein. So kam es bei den Versuchen öfter vor, daß der Schüler, der auf dem Schirm nachsah, ob sich das Pendel vor dem Loslassen völlig beruhigt hatte,

das Ingangsetzen des Versuches gar nicht bemerkt hatte und erst durch das Breiterwerden des Schattenbildes darauf aufmerksam wurde.

Noch einige Angaben über die Größenverhältnisse: Die Entfernung a der Glühlampe bis zum Schirm betrug zwischen 200 und 375 cm, je nachdem in der Achse des Experimentiertisches oder senkrecht dazu gegen die dahinter befindliche Wandtafel projiziert wurde. Die Entfernung b von der Glühlampe bis zur senkrechten Lage des Pendels betrug etwa 30–50 cm. Die Grenzen sind hier durch die Dicke und Form des Glühlampendrahtes und durch die Schärfe des Schattenbildes gegeben, welches sich bei Annäherung des Pendels an die Lampe ergibt. Die Verschiebung der Schattenbilder ist natürlich um so größer, je näher die Lampe am Draht ist, und zwar bei der Schwingung nach der Lampe größer als bei der nach dem Schirm, wie aus Fig. 3 zu ersehen ist. Andererseits darf die Schärfe beider Schattenbilder nicht zu sehr verschieden sein, weil sonst die Meßfelder auf beiden Seiten verschieden ausfallen. Als zweckmäßig hat es sich gezeigt, die Schattenbilder nach außen hin durch einen senkrechten Bleistiftstrich am Rande des tiefen Schattens und des auftretenden hellen Beugungsstreifens zu bezeichnen und dann aus der Schattendicke hinterher die wirkliche Lage der Schattenmitte zu ermitteln. Die halbe Schwingungsweite c am Maßstab M betrug zwischen 4 und 12 cm entsprechend einem Pendelausschlag aus der Ruhelage von etwa 1° bis 3° . Sollen die Beobachtungen quantitativ ausgewertet

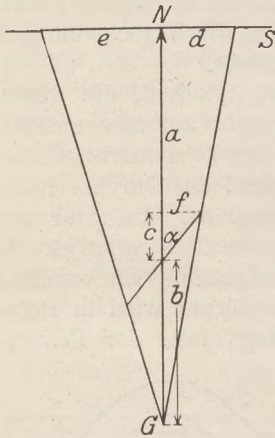


Fig. 3.

werden, so steht der eine Beobachter am Schirm zur Beurteilung der Ruhe und Lage des Schattens und zum Bezeichnen der Schattengrenzen, der andere setzt das Pendel in Gang und liest die Stoppuhr und den Maßstab ab nach beispielsweise je 3 Minuten.

Die Auswertung der Messungen ergibt sich nach Fig. 3 in leichtverständlicher Weise. N ist die Nulllage auf dem Schirm, d und e sind die Entfernungen der Schattenbilder von der Nulllage, und zwar d , wenn das Pendel nach dem Schirm, e , wenn es nach der Glühlampe schwingt. Mit hinreichender Annäherung ergeben sich die folgenden Beziehungen:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f}{c} = \frac{(b+c)d}{ac},$$

wobei α der Drehungswinkel gegen die ursprüngliche Schwingungsrichtung ist. Entsprechend ergibt sich für die andere Seite

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(b-c)e}{ac}.$$

Nach der Theorie beträgt die stündliche Abweichung in der Breite $\varphi \alpha = 15^{\circ} \sin \varphi$. Dies ergibt für unseren Schulort — $\varphi = 52\frac{1}{3}^{\circ}$ — eine Abweichung von $11,85'$ in der Zeitminute.

Nachstehend einige Messungen, die bei den physikalischen Übungen angestellt wurden.

A. Versuche mit Auslösung durch Fadenschleife.

1. $a = 199$ cm, $b = 29$ cm						2. $a = 372$ cm, $b = 95,05$ cm					
Zeit	c	d	α	e	α	Zeit	c	d	α	e	α
3 Min.	7,75	0,75	20,3	0,975	15,3	3 Min.	11,95	0,6	$16\frac{2}{3}$	0,75	16
6 „	7,4	1,3	18,3	1,9	16	6 „	11,3	1,35	18,5	1,4	16
8 „	7,0	1,7	19,0	2,2	15						

Aus den α -Werten geht hervor, daß das Pendel elliptische Schwingungen ausgeführt hat. Immerhin genügen die Werte in qualitativer Hinsicht.

B. Versuche mit elektromagnetischer Auslösung.

3. $a = 299$ cm, $b = 46$ cm						4. $a = 273$ cm, $b = 41$ cm					
Zeit	c	d	α	e	α	Zeit	c	d	α	c	α
3 Min.	9,55	0,52	11,6	0,83	12,2	6 Min.	5,95	0,75	12 $\frac{2}{3}$	0,92	11 $\frac{1}{3}$
6 $\frac{1}{3}$ "	9,00	1,06	11,7	1,50	11,2	9 "	5,65	1,05	12,1	1,32	11,6
						13 "	5,35	1,51	12,7	1,75	11,2

Aus 3. ergibt sich als Mittel 11,7'; aus 4. ergibt sich als Mittel für die einzelnen Minuten 11,83', 11,85' und 11,95' in vorzüglicher Übereinstimmung mit dem theoretischen Wert 11,85'.

Messende Versuche über das Sieden unter vermindertem und erhöhtem Druck.

Von Prof. Dr. Paul Werner in Nikolsburg.

Die folgenden zwei Versuchsanordnungen bezwecken, die Abhängigkeit des Siedepunktes des Wassers vom Druck in dem Intervall von 50 mm Quecksilber bis ca. 15 Atmosphären messend zu verfolgen. Die erste Anordnung gestattet von 50 mm bis 1000 mm, die zweite von 1 bis 15 Atmosphären zu messen; die erste arbeitet nach der dynamischen, die zweite nach der statischen Methode.

Eine der ersten Anordnung ähnliche (es entfällt dabei der Kühler) findet sich bei FR. C. G. MÜLLER, Techn. d. physik. Unterr. S. 157, doch habe ich mit dieser Anordnung nicht so gute Resultate erzielt.

1. Das Sieden unter vermindertem Druck.

Beschreibung des Apparates: In einer Proberöhre S (Fig. 1) befindet sich etwa $\frac{1}{3}$ des Inhaltes destilliertes Wasser. Sie wird durch einen doppelt durchbohrten Kautschukstopfen luftdicht verschlossen, durch den ein Thermometer bis 120° C und ein gebogenes Glasrohr geführt sind. Dieses endet in einem Kühler K aus Kupferblech knapp unter dem doppelt durchbohrten Kautschukstöpsel desselben. Der Kühler ist ein zylindrisches, einseitig verschlossenes Rohr von etwa 6 cm Länge und 2 $\frac{1}{2}$ cm Durchmesser. Die Stöpsel sind mit Minium-Vaselinekitt luftdicht eingekittet. Statt des Kupferkühlers kann auch eine zweite Proberöhre verwendet werden. An den Kühler ist ein etwa meterlanges Glasrohr R , das unter Quecksilber endigt, angeschlossen. Der Kühler kann in ein Becherglas A eingesenkt werden, das nicht allzuviel Wasser enthält, damit sich dasselbe während des Versuches entsprechend erwärmt.

Vorgang beim Messen: Zunächst wird die Proberöhre auf dem Drahtnetze oder in einem Wasserbade B so lange erwärmt, bis aus dem Ende des Rohres ein kräftiger Dampfstrahl austritt und zuverlässig alle Luft verdrängt ist. Erforderlichenfalls hilft man durch vorsichtiges Erwärmen des Kühlers nach. Dann wird das Ende des Rohres ins Quecksilber getaucht, die Flamme entfernt und möglichst rasch das Becherglas A mit kaltem Wasser-

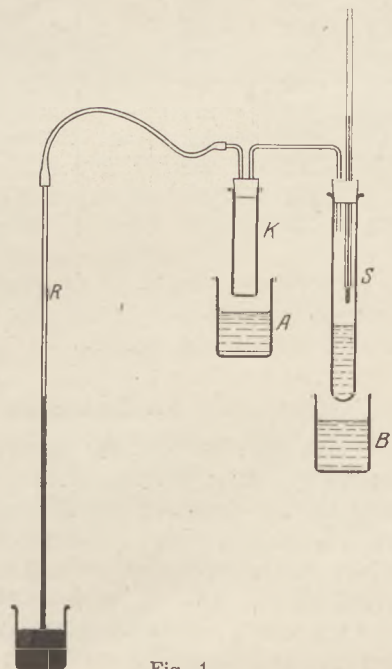


Fig. 1.

an den Kühler gebracht. Das Wasser in der Proberöhre siedet heftig, die Temperatur sinkt anfangs rasch, später langsamer, eine Quecksilbersäule wird angesaugt und das Kühlwasser erwärmt sich. Solange das Wasser noch siedet, kann man bereits einige Ablesungen machen. Ein Schüler mißt den Druck, ein anderer gleichzeitig die Temperatur.

Hat das Sieden aufgehört, so kann man es durch kräftigeres Kühlen (auch Kältemischung) wieder anregen. Schließlich erwärmt man im Wasserbade und läßt, vom Beginn des Siedens angefangen, ablesen. Gegen Ende der Messung entfernt man das Kühlwasser, wenn die Temperatur nicht weiter steigen will, eventuell auch das Wasserbad des Siedegefäßes. Sollte über ca. 80° die Quecksilbersäule stark schwanken, so wiederholt man den Versuch und bringt zur Verhinderung des Siedeverzuges etwas Magnesium in das Siedegefäß. Man schaltet schließlich das Siedegefäß vom Kühler ab und mißt die Siedetemperatur unter Atmosphärendruck.

Auswertung der Meßresultate: Aus der Siedetemperatur unter Atmosphärendruck errechnet man den Barometerstand, um einen etwa vorhandenen Thermometerfehler zu korrigieren und nicht das Barometer als neue Fehlerquelle einzuführen. Durch Subtraktion der gemessenen Quecksilberniveauunterschiede vom errechneten Barometerstand findet man den Druck im Apparate. Kondenswasser über dem Quecksilber ist zu berücksichtigen.

Eine Messung ergab:

Tabelle I.

Temp.	Druck gemessen	Tabellenwert	Fehler	Temp.	Druck gemessen	Tabellenwert	Fehler	Temp.	Druck gemessen	Tabellenwert	Fehler
39,2	52	53	-1	76,8	312	310	+2	90,0	540	525	+15
42	62	61	+1	77,3	322	317	+5	91,5	550	556	-6
48	82	83	-1	79,0	342	340	+2	92	570	567	+3
49,8	92	91	+1	80,6	362	363	-1	93,5	590	599	-9
52	102	102	0	81,2	372	372	0	94,5	620	622	-2
57	132	129	+3	82,0	382	384	-2	96	650	658	-8
60,3	152	151	+1	83,7	412	411	+1	97	670	682	-12
63,0	172	171	+1	84,6	422	426	-4	97,5	690	695	-5
65,2	192	188	+4	85,0	432	433	-1	98,5	710	720	-10
66,5	202	200	+2	85,2	442	436	+6				
68,0	212	214	-2	85,6	452	443	+9	100,8	783	783	0
70,0	232	233	-1	87	472	468	+4	103,0	849	845	+4
71,8	252	252	0	87,7	482	481	+1	104,8	903	900	+3
72,7	262	262	0	88,2	492	490	+2	106,7	964	961	+3
73,9	272	275	-3					110	1072	1075	-3

Die Werte von $90,0^{\circ}$ angefangen sind einer anderen ungenaueren Meßreihe entnommen. Die Zehntelgrade der Temperatur sind geschätzt, die Druckmessung ist nur auf etwa 5 mm genau.

2. Das Sieden unter erhöhtem Druck.

Man schließt nun das meterlange Rohr direkt an das Siedegefäß an und stellt ersteres in einen hohen schmalen Standzylinder, in den man nach und nach Quecksilber bis zu verschiedenen Höhen gießt. Man kann bis etwa 25 cm Quecksilbersäule gehen, ohne daß der Gummistöpsel herausgetrieben wird. Es empfiehlt sich, den Stöpsel lose anzubinden, so daß er zwar herausgedrängt, aber nicht weggeschleudert werden kann. Die Werte über 100° in Tabelle I sind auf diese Weise erhalten.

Um bei noch höheren Drucken zu messen, verwendet man eine Kapillare von etwa 30 cm Länge und 0,6 mm lichter Weite (Fig. 2). Man schmilzt sie an einem

Ende zu und saugt durch Erwärmen und Abkühlen eine Säule ausgekochten Wassers von etwa 3 cm Länge an. Durch Schwingen bringt man das Wasser mit Hilfe der Zentrifugalkraft ans zugeschmolzene Ende und läßt das Rohr mit dem offenen Ende nach oben etwa 24 Stunden stehen, damit sich das Wasser möglichst vollständig am geschlossenen Ende sammelt. Dann füllt man eine ca. 15 cm lange Quecksilbersäule anschließend an das Wasser ein. Dazu bedient man sich zweckmäßig eines ganz dünn ausgezogenen Glasröhrchens, das an dem einen Ende in der ursprünglichen Stärke belassen ist. Man verbindet dieses Ende mittels eines Kautschukschlauches und Quetschhahn mit einem Filtriertrichter, füllt Quecksilber ein und schließt den Quetschhahn, sobald das Quecksilber am ausgezogenen Ende austritt. Tropft kein Quecksilber mehr aus, so führt man den Glasfaden bis ans Wasser in die Kapillare ein und läßt durch Zusammen-drücken des Schlauches eine genügende Menge Quecksilber austreten. Dann zieht man den Glasfaden zurück und gibt den Schlauch frei. Man kann gleich mehrere Kapillaren hintereinander füllen, was bei einiger Übung leicht gelingt.

Nun wird das offene Ende der Kapillare zugeschmolzen. Man bringt sodann das Wasser enthaltende Ende in siedendes Wasser und bezeichnet die Einstellung des oberen Endes des Quecksilberfadens mit Tinte auf der Kapillare. Nun versieht man dieselbe mit einer Einteilung in Atmosphären, ebenfalls mit Hilfe von Tintenstrichen oder mittels einer aufgeklebten Papierskala.

Man bereitet in einem Proberohr ein Paraffinbad von mindestens 12 cm Höhe und bringt die Kapillare nebst einem Rührer und einem Thermometer bis 300° C in dasselbe. Bei vorsichtigem Erwärmen über 100° steigt das Quecksilber. Nähert sich sein oberes Ende einem Strich der Atmosphärenteilung, so entfernt man die Flamme und sucht durch kräftiges Rühren und Regelung der Wärmezufuhr eine konstante Temperatur zu erreichen.

Tabelle II gibt auf solche Weise erhaltene Werte, bei steigender und fallender Temperatur gemessen.



Fig. 2.

Tabelle II.

Atm.	Temperatur				Fehler	Atm.	Temperatur				Fehler
	steigend	fallend	Mittel	Tabelle			steigend	fallend	Mittel	Tabelle	
2	120	120	120	121	- 1	8	177	173	175	171	+ 4
3	131	135	133	134	- 1	9	182	179	181	176	+ 5
4	143	142	143	144	- 1	10	185	182	184	180	+ 4
5	155	155	155	152	+ 3	11	—	—	—	185	—
6	161	157	159	159	—	12	192	—	192	188	+ 4
7	169	—	169	165	+ 4						

Die Kapillaren sind dauernd verwendbar, wenn man sie nicht absichtlich stark schüttelt oder schwingt, beim Erwärmen darauf achtet, daß das untere Ende des Quecksilberfadens nicht aus dem Wärmebade heraussteigt und sie nicht früher aus demselben nimmt, als bis die Temperatur unter 100° gesunken ist, da sonst Wasser in die Quecksilbersäule eindringt, was mit der Zeit die Kapillare unbrauchbar macht.

Diese Anordnung dürfte auch für Projektion geeignet sein.

Beide Anordnungen sind auch in den Schülerübungen auf der Oberstufe verwendbar. Insbesondere die erste Anordnung gibt Anlaß zu einer Fülle von Beobachtungen. Das stürmische Sieden des Wassers, wenn das Kühlwasser angehoben

wird, das rasche Sinken der Temperatur, die Erwärmung des Kühlwassers, die man auch quantitativ, allerdings nur näherungsweise verfolgen kann, wenn man die Menge desselben mit der Wassermenge im Siedegefaße vergleicht, die Anfertigung eines Diagrammes gestalten die Übung sehr lehrreich. Wichtig erscheint mir auch der Wechsel und das Übergreifen der Methoden. Oft ist ferner ein Siedeverzug zu beobachten. Bei der zweiten Anordnung erläutert ein höheres und tieferes Einsenken des Thermometers die Notwendigkeit des Rührens.

Beide Anordnungen sind ganz ungefährlich. Als mir bei 15 Atmosphären Druck durch unvorsichtiges Erwärmen eine Kapillare sprang, merkte ich das Mißgeschick lediglich an einem leisen Knacks und am Sinken des Quecksilberfadens.

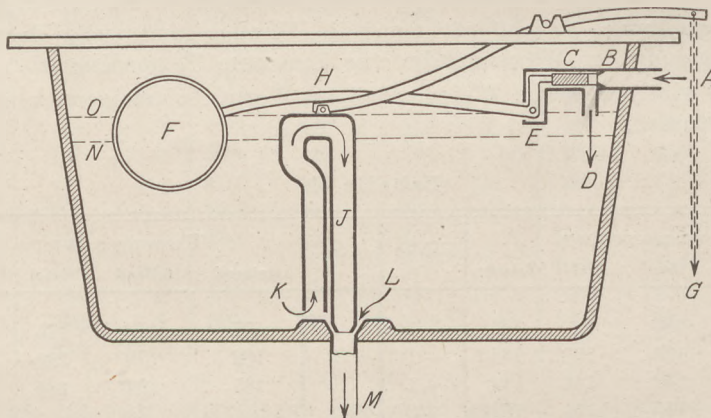
Kleine Mitteilungen.

Die Mechanik des Wasserspülkastens.

Von Dr. Johannes Lorenz in Leipzig.

Zur Wiederholung einzelner Kapitel des Physikpensums im Schulunterricht eignen sich besonders technische Anwendungen, die das Interesse der Schüler in hohem Maße anregen und zugleich die Verwendbarkeit der abgeleiteten Gesetze vorführen. Als Beispiel für die praktische Ausnutzung einer ganzen Reihe mechanischer Probleme kann eine Besprechung des Wasserspülkastens dienen.

In einen lose verdeckten Behälter führt bei *A* das Zuführungsrohr der Wasserleitung und endigt bei *B* in einer Düse. Ist diese geöffnet, so strömt Wasser durch *D* in den Behälter und füllt ihn. Bei leerem Behälter liegt der kugelförmige Schwimmer *F* auf dem Boden. Er steigt mit zunehmendem Wasserstand und bewegt mittels



der Kniehebelübertragung *E* einen verschieblichen Eisenstab *C* gegen die Düse hin, der bei genügendem Wasserstand den Zufluß durch einen Gummistopfen abdrückt. Die Absperrung muß bei einem Wasserstand unter dem Niveau *N* erfolgen, da sonst Wasser durch *KJM* nach dem Prinzip der kommunizierenden Gefäße abströmen würde. Wäre der Zufluß weiterhin so stark, daß das Niveau über *O* steigt, so würde das Rohr *KJM* als Saugheber in Funktion treten. In diesem Falle also würde der Behälter intermittierend gefüllt und entleert werden. Bei richtiger Einstellung tritt also die vollständige Absperrung kurz vor dem Erreichen des Niveaus *N* ein. Die Entleerung kann auf zwei Arten erfolgen. Durch Ziehen an *G* wird mittels Hebelübertragung das Rohr *KJM* gehoben, das Wasser kann bei längerer Zugdauer vollständig bei *L* abfließen. Bei einmaligem, kurzen Ziehen tritt bei *L* nur eine geringere

Wassermenge aus, die durch ihre Strömungsgeschwindigkeit die im Teil \mathfrak{J} enthaltene Luft ansaugt, also verdünnt, sodaß infolge des Atmosphärendrucks KJM nunmehr als Saugheber wirkt. Das Niveau sinkt bis K , der Saugheber stellt seine Tätigkeit ein und gleichzeitig sinkt der Schwimmer F auf den Boden, hierdurch den Zufluß freigebend.

Es kommen demnach folgende mechanische Probleme zur Anwendung;

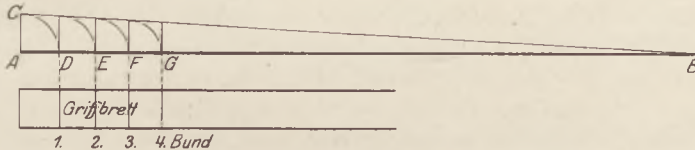
Zusammensetzung entgegengesetzt gerichteter Kräfte (C, B). — Kraftübertragung durch feste Körper. Wirkungslinie (C, G). — Hebel zur Änderung der Bewegungsrichtung (GH). — Kniehebel, Hebelarm, Momentengleichung (FEC). — Bodendruck, Aufwärtsdruck (L, K). — Kommunizierende Gefäße, freie Oberflächen (N, O). — Schwimmen, Auftrieb, Archimedisches Prinzip, Metazentrum (F). — Ausfluß (B, KJM, L). — Saugende Wirkung eines bewegten Mediums (LM). — Saugheber, Tantalusbecher, Luftdruck (KJM). — Boyle-Mariottesches Gesetz (J).

Eine Bemerkung zur Akustik.

Von W. Horn in Ohligs (Rhld.)

Bekanntlich ist die Stimmung der meisten Musikinstrumente temperiert, d. h. das Intervall der Oktave ist in 12 gleich große Teilintervalle eingeteilt. Die Schwingungszahlen der aufeinanderfolgenden Töne bilden eine geometrische Reihe: a, ax, ax^2, ax^3 , wo a die Schwingungszahl des Grundtons und $x = \sqrt[12]{2}$ ist.

Diese Beziehung ist ja bekannt. Weniger bekannt dürfte es aber sein, wie die (temperierte) Teilung auf dem Griffbrett der Gitarre (und ähnlicher Saiteninstrumente)



hergestellt wird. Das geschieht nämlich in der Weise, daß der Instrumentenbauer eine gerade Linie gleich der Länge der zu teilenden Saite zeichnet (siehe nebenstehende Figur), darauf in A eine Senkrechte gleich $\frac{1}{18}$ der Saitenlänge errichtet und C mit B verbindet. Die Entfernungen der einzelnen „Bünde“ vom Anfang des Griffbretts findet er in der einfachen Weise, wie sie die Figur erläutert. Die Berechtigung zu diesem Verfahren beruht darauf, daß $\frac{18}{17}$ (offenbar das Intervall zweier aufeinanderfolgenden Töne dieser so erhaltenen Teilung) ungefähr gleich $\sqrt[12]{2}$ ist ($\frac{18}{17} = 1,0588$, während $\sqrt[12]{2} = 1,0595$).

Die dargelegten Verhältnisse eignen sich für eine Behandlung im Unterricht als Anwendung der Lehre von den geometrischen Reihen; die aus ihnen sich ergebenden Aufgaben werden von den Schülern, besonders den lautenspielenden, mit Eifer gelöst.

Zum Winkelspiegel.

Von S. Jira in Neu-Ulm.

Bei der Behandlung des Winkelspiegels im Unterricht wird man im allgemeinen nicht auf die Frage über die Anzahl der entstehenden Bilder näher eingehen. Ohne größeren Zeitaufwand könnte dies jedoch etwa in folgender Weise geschehen. Be-

züglich der Bezeichnungen und Figuren verweise ich auf die Arbeiten von Heinrich und Koppe (*ds. Zeitschr.* 32, 162 u. 33, 13).

Wir berechnen die Winkelabstände der Bilder von den Spiegeln S' und S'' und stellen die erhaltenen Werte in einer Tabelle zusammen.

Bild	Winkelabstand von S' (im Uhrzeigersinn gemessen)	Bild	Winkelabstand von S'' (entgegeng. dem Uhrzeigersinn gemessen)
A'_1	α_1	A''_1	α_2
A'_2	$\alpha_1 + \alpha_2$	A''_2	$\alpha + \alpha_1$
A'_3	$2\alpha + \alpha_1$	A''_3	$2\alpha + \alpha_2$
:	.	:	.
A'_{2m-1}	$(2m-2)\alpha + \alpha_1$	A''_{2m-1}	$(2m-2)\alpha + \alpha_2$
A'_{2m}	$(2m-1)\alpha + \alpha_2$	A''_{2m}	$(2m-1)\alpha + \alpha_1$
:	.	:	.

Diese Reihe wird in einem bestimmten Falle bald ihren Abschluß finden. Denn wenn auch im allgemeinen jedes Bild wieder zu einem neuen Spiegelbild Anlaß gibt, so ist das nicht mehr der Fall, wenn es sich im Hinterraum der beiden Spiegel befindet, d. h. der Winkelabstand eines Bildes von seinem Spiegel kann höchstens 180° erreichen. Für den Winkelabstand der zuletzt entstehenden Bilder (A'_z, A''_z) besteht somit die Beziehung:

$$(z-1) \cdot \alpha + \alpha_k \leq \alpha \nu + \beta \quad (k = 1, 2).$$

Hieraus läßt sich leicht in jedem Falle die Anzahl der Bilder bestimmen.

Es bleibt lediglich noch übrig die Grenzfälle $\beta = \alpha_1, \beta = \alpha_2$ und $\beta = 0$ näher zu untersuchen. Ist $\beta = \alpha_1$, so erhalten wir entsprechend unserer Bedingung in jedem Spiegel $(\nu + 1)$ Bilder. Es fällt aber das Bild $A'_{\nu+1}$ mit A''_ν bzw. $A''_{\nu+1}$ mit A'_ν zusammen, je nachdem ν eine gerade oder ungerade Zahl ist. Denn bilden wir die Summe der Winkelabstände dieser Bilder mit S' oder S'' , so erhalten wir in jedem Falle $\nu \cdot \alpha + \alpha_1 + (\nu - 1)\alpha + \alpha_1 + \alpha = 2(\alpha \nu + \beta) = 360^\circ$, d. h. die beiden Bilder liegen an derselben Stelle des Kreisumfanges. In gleicher Weise ergibt sich, daß bei $\beta = \alpha_2$ $A''_{\nu+1}$ und A'_ν bzw. $A'_{\nu+1}$ und A''_ν und bei $\beta = 0$ A'_ν und A''_ν zusammenfallen.

Wir erhalten somit folgendes Gesamtergebnis, wobei der Gegenstand nicht mitgerechnet ist:

1. für $\beta > \alpha_1$ ist $n = 2\nu + 2$,
2. „ $\alpha_1 \geq \beta > \alpha_2$ „ $n = 2\nu + 1$,
3. „ $\beta \leq \alpha_2$ „ $n = 2\nu$,
4. „ $\beta = 0$ „ $n = 2\nu - 1$.

Die graphische Lösung der Hohlspiegelgleichung.

Von Paul Hanck in Pasewalk.

Wenn man in einem rechtwinkligen Koordinatensystem auf den Achsen vom Anfangspunkt aus zusammengehörige Werte von Gegenstandsweite g und Bildweite b eines Hohlspiegels abträgt und die entsprechenden Punkte verbindet, so gehen die erhaltenen Geraden bekanntlich durch einen Punkt, dessen Koordinaten gleich der Brennweite f des Hohlspiegels sind. Man kann die Figur daher bei der experimentellen Bestätigung der Hohlspiegelgleichung oder bei der Bestimmung der Brennweite eines Hohlspiegels benutzen. Umgekehrt erhält man, wenn man durch einen Punkt P

mit den Koordinaten f und f eine Reihe von Geraden legt, zusammengehörige Werte von Gegenstands- und Bildweite, durch die die verschiedenen beim Hohlspiegel vorkommenden Fälle der Lage von Gegenstand und Bild erläutert werden können, desgleichen kann man bei gegebener Gegenstandsweite die Bildweite bestimmen. In der Praxis des Unterrichts wird dieses Verfahren vielfach angewandt. Unter anderem findet man es in Hahns Handbuch für physikalische Schülerübungen und in Rosenbergs Lehrbuch der Physik. Sobald es sich aber darum handelt, eine der drei in der Gleichung vorkommenden Größen aus den andern zu berechnen, kann man einfacher und übersichtlicher verfahren. Der Punkt P muß nämlich, da er die Koordinaten f und f hat, auf der Winkelhalbierenden des Achsenkreuzes liegen. Man kann ihn also bei gegebenem g und b als Schnittpunkt der Winkelhalbierenden und der durch die Abschnitte g und b bestimmten Geraden erhalten und seine Koordinaten ergeben die Brennweite. Wenn diese Figur aber auf Koordinatenpapier gezeichnet wird, hat man nicht nur auf den Koordinatenachsen einen Maßstab, sondern auch auf der Winkelhalbierenden, denn diese wird von den parallelen Linien des Koor-

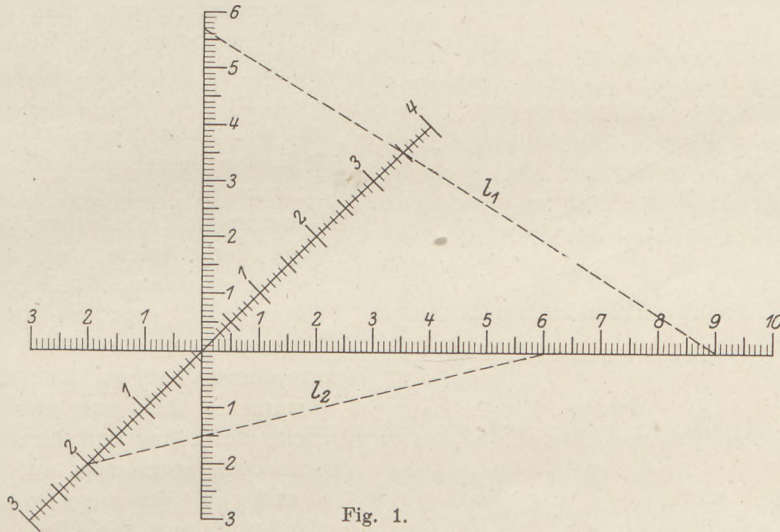


Fig. 1.

diatenpapiers unter einem Winkel von 45° geschnitten. Der Maßstab auf der Winkelhalbierenden, der zu dem Maßstab auf den Achsen im Verhältnis $\sqrt{2}:1$ steht, gibt nun direkt die Brennweite an. Man kann also mit Hilfe der drei Maßstäbe jede der drei Größen g , b und f , wenn zwei von ihnen bekannt sind, dadurch bestimmen, daß man ein Lineal durch die beiden auf den Maßstäben bekannten Punkte legt, der dritte Schnittpunkt ergibt den gesuchten Wert. Natürlich kann man eine erweiterte Zeichnung auch für den erhabenen Spiegel benutzen. In der Fig. 1 sind die beiden folgenden Aufgaben gelöst.

Aufgabe 1. Ein Hohlspiegel erzeugt von einem 9 cm entfernten Gegenstande ein reelles Bild in einem Abstände von 5,7 cm. Wie groß ist die Brennweite des Spiegels? **Auflösung:** Die durch die Werte $g = 9$ und $b = 5,7$ bestimmte Linie l_1 ergibt für die Brennweite den Wert 3,5 cm.

Aufgabe 2. In welcher Entfernung von einem erhabenen Spiegel mit der Brennweite $f = 20$ cm entsteht von einem 60 cm entfernten Gegenstande ein Bild? **Auflösung:** Die Gerade l_2 zeigt, daß ein virtuelles Bild in einem Abstände von 15 cm entsteht. (Maßstab: 1:10.)

In derselben Weise kann man die Figur für die Linsengleichung und für das dritte Kirchhoffsche Gesetz $\frac{1}{w} = \frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2}$ verwenden. Von besonderem Vorteil

wird sie für die Übungen sein. Die Schüler können sich bei der Bestimmung von Brennweiten, die wohl überall ausgeführt werden, die umständliche Rechnung ersparen, und ich habe beobachten können, wie sie mit Vorliebe das graphische Verfahren benutzen. Der Lehrer aber ist in der angenehmen Lage, die von den Schülern ermittelten Werte leicht nachprüfen zu können.

Von geringerer praktischer Bedeutung ist die Lösung der zwei Unbekannte enthaltenden Gleichungen $\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$ und $\beta : \gamma = b : g$, jedoch auch in diesem Falle kann man die Unbekannten leicht graphisch ermitteln, da durch das Verhältnis von Bildgröße zur Gegenstandsgröße $\beta : \gamma = b : g$ eine zu der Brennpunktlinie $\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f}$ parallele Gerade bestimmt ist, die man dadurch erhält, daß man auf der b -Achse vom Anfangspunkt aus β und auf der g -Achse γ abträgt. Man kann also, wenn

eine der beiden Geraden gezeichnet ist, die zweite Parallele ziehen. Um diese zu bestimmen, wird man in der Praxis auf Pauspapier eine Reihe von Parallelen in geringem Abstand voneinander ziehen, das Papier auf die Maßstabzeichnung legen und so drehen, daß eine seiner parallelen Linien mit einer auf der Maßstabzeichnung zu bestimmenden Linie zusammenfällt. Die Lage der zweiten, zugehörigen Linie kann man dann schnell ermitteln. Am besten wird man zu diesem Zweck die parallelen, hinreichend engen Linien von durchsichtigem Koordinatenpapier benutzen. Mit nur zwei Linien an Stelle der Schar von Parallelen kommt man aus, wenn man auf der g -Achse β und auf der negativen b -Achse γ abträgt, denn die diese Stücke abschneidende Gerade steht senkrecht auf der Brennpunktlinie. Wenn man also auf Pauspapier zwei aufeinander senkrecht stehende Gerade zeichnet, kann man die eine in sich so verschieben, daß das Lot die gewünschte Lage annimmt. Die Übersichtlichkeit

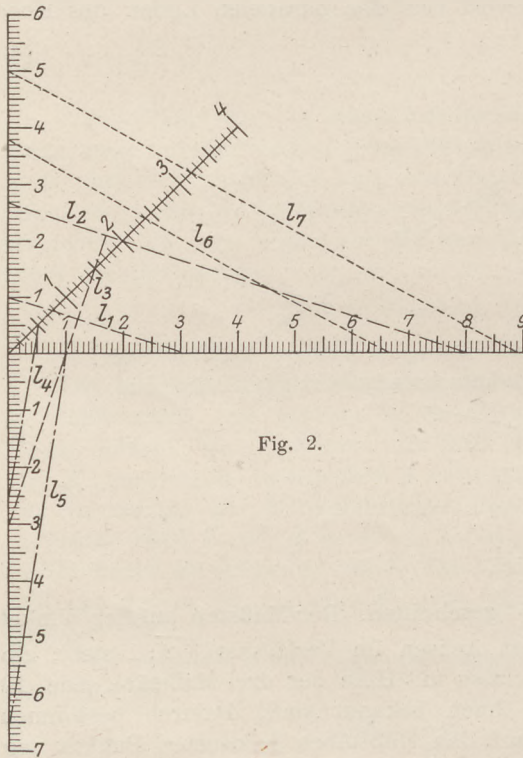


Fig. 2.

des Verfahrens wird in diesem Falle allerdings infolge der Vertauschung beeinträchtigt. Das Weitere mögen die nächsten Beispiele veranschaulichen.

Aufgabe 3. Wo liegt ein Gegenstand vor einem Hohlspiegel von 20 cm Brennweite, wenn sein Bild dreimal verkleinert ist? *Auflösung:* Die Gerade l_1 (Fig. 2) gibt das Verhältnis von Bildgröße und Gegenstandsgröße an. Die durch den Punkt 20 der f -Achse gehende Parallele schneidet von der g -Achse die Gegenstandsweite $g = 80$ cm ab. (Maßstab 1 : 10.) Die Linie l_1 kann auch ersetzt werden durch die Linie l_3 , die auf l_2 senkrecht steht.

Aufgabe 4. Welche Vergrößerung gibt eine Lupe von 4,5 cm Brennweite für ein normales Auge? *Auflösung:* Die deutliche Sehweite für ein normales Auge beträgt 25 cm, durch die Werte $f = 4,5$ und $b = -25$ ist also die Gerade l_4 bestimmt. Die ihr parallele Linie l_5 zeigt auf der b -Achse die Vergrößerungszahl $n = 6,5$ an.

Aufgabe 5. Ein Strom verzweigt sich und geht durch eine Spirale aus Konstantendraht und einen Widerstand von 5 Ohm. Die Stromstärken in den Zweigen sind 3,8 und 6,7 Ampere. Wie groß ist der Widerstand der Verzweigung? *Auflösung:* Die Widerstände der Verzweigung verhalten sich umgekehrt wie die Stromstärken. Man kann daher auf Grund dieses Verhältnisses die Gerade l_6 zeichnen und erhält durch die ihr parallele Linie l_7 den Widerstand $w = 3,2$ Ohm der Verzweigung.

Die Brennweite eines Systems dünner Linsen.

Von Dr. H. Hermann in Tübingen.

Vorbemerkung. Der Wert des mathematischen Teils eines guten physikalischen Unterrichts läßt sich meines Erachtens nicht treffender kennzeichnen als mit den Worten eines schottischen Methodikers, welche sich auf Algebra beziehen, aber auf den in der Physik zur Verwendung kommenden Ausschnitt aller elementarmathematischen Fächer ganz besonders anwendbar sind¹).

Die in der Überschrift genannte Aufgabe wird in ROSENBERG'S Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen (im Anschluß an Abb. 575) für den Fall parallel einfallender Strahlen mit der Konvergenzgleichung gelöst. Hierbei bleibt die Frage offen, ob für das System als Ganzes eine neue Konvergenzgleichung gefunden werden kann, ob also dem gefundenen Brennpunkt auch eine Brennweite mit derselben mathematischen Allgemeinbedeutung zugehört wie im Falle der einzelnen dünnen Linse.

Die Rechnung läßt sich bewältigen, wenn man die Newtonsche Abbildungsgleichung $xy = f^2$ (bei ROSENBERG Übungsaufgabe 7) benutzt, in welcher x, y Abstände vom Brennpunkt bedeuten²). Seien f_1, f_2 die Brennweiten zweier zentrierter dünner Linsen, d ihr Abstand, so setze man:

$$m = f_1 + f_2 - d;$$

dann ist, wenn $a_{1,2}$ Gegenstandsweiten, $b_{1,2}$ Bildweiten beider Linsen sind,

$$mx = a_1 m + f_1 (d - f_2); \quad my = b_2 m + f_2 (d - f_1)$$

$$m^2 xy = m^2 a_1 b_2 + m [d(b_2 f_1 + a_1 f_2) - f_1 f_2 (b_2 + a_1 + d)] + f_1^2 f_2^2.$$

Der Faktor von m wird, weil $d = b_1 + a_2$ ist

$$e = (b_1 + a_2) \left(\frac{a_1 b_1 b_2}{a_1 + b_1} + \frac{a_1 a_2 b_2}{a_2 + b_2} \right) - \frac{a_1 b_1 a_2 b_2 (a_1 + b_1 + a_2 + b_2)}{(a_1 + b_1)(a_2 + b_2)}.$$

Setze $(a_1 + b_1)(a_2 + b_2) = n$, so ist

$$en = a_1 b_2 \{ (b_1 + a_2)(a_2 + b_2) b_1 + (b_1 + a_2)(a_1 + b_1) a_2 - b_1 a_2 (a_1 + b_1 + a_2 + b_2) \}$$

$$\frac{en}{a_1 b_2} = b_1^2 b_2 + a_1 a_2^2 + a_2 b_1^2 + b_1 a_2^2.$$

$$\text{Nun ist aber } m = f_1 + f_2 - d = \frac{a_1 b_1}{a_1 + b_1} + \frac{a_2 b_2}{a_2 + b_2} - b_1 - a_2,$$

¹) Chrystal, *Introduction to Algebra* (1. ed. 1898, 3. 1905) p. 52, *Hints for working:*

„One of the most important educational uses of elementary Algebra, next to the logical training it ought to give, is that it cultivates neatness and forethought in arranging details — in short, the power of organisation on a small scale. Like many other sciences, Algebra consists largely in skilfully fitting together a number of very simple considerations about very simple matters; and the difficulty that untrained minds find in it arises simply from deficiency in the capacity for taking pains.“

²) Eine ähnliche Rechnung wie die obige gibt schon H. Keferstein in ds. Zeitschr. 17, 146 (1904).

$$\begin{aligned} \text{also } mn &= a_1 b_1 (a_2 + b_2) + a_2 b_2 (a_1 + b_1) - (b_1 + a_2)(a_1 + b_1)(a_2 + b_2) \\ &= -a_2 b_1^2 - b_1^2 b_2 - a_1 a_2^2 - a_2^2 b_1, \end{aligned}$$

also $e = -a_1 b_2 m$ und man erhält

$$m^2 xy = a_1 b_2 m^2 - a_1 b_2 m^2 + f_1^2 f_2^2,$$

$$xy = \frac{f_1^2 f_2^2}{m^2}, \text{ unabhängig von den } a_{1,2}, b_{1,2}; \text{ die Abstände } x, y \text{ vom Brennpunkt}$$

gehören also auch für das zusammengesetzte System einer Newtonschen Formel; die wahre Brennweite des Systems ist

$$F = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d}.$$

Dieser Ausdruck ist verschieden von dem von ROSENBERG berechneten Abstand des Systembrennpunkts von der zweiten Linse; er bestimmt die Lage des zugehörigen Hauptpunkts, den der Schüler auf diese Weise kennen lernt. Auch wenn man nicht näher auf das damit betretene Gebiet der Abbildungsgesetze für ausgedehnte Systeme eingehen kann, ist doch soviel gewonnen, daß der Schüler versteht, warum man zur Beschreibung solcher Systeme nach wie vor von (äquivalenten) Brennweiten reden kann, warum die (bei Kondensoren übliche) Angabe der Brennweite von der ebenen Fläche an, also die für die Lichtquelle und damit die Laternenlänge maßgebende, keine Angabe einer äquivalenten Brennweite ist; und daß man zur Bestimmung äquivalenter Brennweiten zu Methoden greifen muß, bei welchen die Lage des Hauptpunktes keine oder eine zu vernachlässigende Rolle spielt.

Die Farbtrommel.

Von Dr. Rudolf Beranek in Wien.

Die Vorführung von Mischfarben, die meistens mit dem Farbenkreisel erfolgt, läßt sich einfacher und abwechslungsreicher mit einem Apparat durchführen, der als Nebenapparat zur Schwungmaschine fast in den meisten Sammlungen anzutreffen ist, sich aber auch leicht selbst herstellen läßt, nämlich mit dem rotierenden Glaszylinder, dessen Inneres zur Aufnahme farbiger Papierstreifen ohne weiteres geeignet ist. So erhält man statt der rotierenden Scheiben rotierende Flächenstücke, die beliebig gewechselt und beliebig miteinander kombiniert werden können, an denen man ferner die Anteile verschiedener zu additiver Mischung gelangender Farben vor den Augen der Schüler verändern kann. Stellt man neben dem rotierenden Glaszylinder zu beiden Seiten Tafeln mit den Originalfarben, so übersieht man mit einem Blick alles, was bei den Mischfarben vorgeht. Hat der Glaszylinder eine Höhe von 20 cm und läßt man zwischen den Tafeln eine Entfernung von 10 cm, so entsteht eine hinreichend große Mischfarbenfläche, die auf weite Entfernungen sichtbar ist und die durch Beleuchtung mit weißem oder farbigem Lichte des Projektionsapparates alle Erscheinungen der Farbenlehre zu demonstrieren gestattet.

Einige Versuche mit dieser „Farbtrommel“ sollen im folgenden genauer beschrieben werden, um die Handlichkeit dieses Apparates darzutun. 1. Die Graureihe: Ein 5 cm hoher Streifen schwarzen Papiers wird derart in den Glaszylinder eingeführt, daß er mit seinem unteren Rand den Boden desselben berührt; ein 20 cm hoher Streifen weißen Papiers reicht ebenfalls bis zum Boden, liegt aber unten hinter dem schwarzen Streifen; nun schiebt man zwischen Glas und Papier mehrere 15 cm hohe, 3 cm breite Stücke schwarzen Papiers und setzt die Trommel in rotierende Bewegung; man sieht dann unten das 5 cm breite schwarze Band, oben das 5 cm breite weiße Band und in der Mitte das 10 cm breite Mischfarbenband; durch Einschieben weiterer Stücke schwarzen Papiers von geringerer Höhe als 15 cm lassen sich auf dem Mischfarbenband beliebige Stufen des neutralen Grau erzeugen. Klebt

man das weiße und das schwarze Papier auf die beiden feststehenden Tafeln, so kann man den Glaszylinder in seiner ganzen Höhe zur Erzeugung von Graustufen benutzen und durch Abzählen der eingeführten Schwarzstreifen eine zahlenmäßige Beziehung dieser Graustufen herstellen. 2. Gegenfarben nach Ostwald: Statt des schwarzen und weißen Papiers nimmt man z. B. gelbes und blaues Papier; auf den feststehenden Tafeln klebt man von unten nach oben beiderseits die Graureihe; auf dem Mischfarbenband läßt sich dann ein Übermaß an Gelb, ein Übermaß an Blau und endlich jene Mischung erzielen, die neutrales Grau ergibt; tritt das neutrale Grau nicht auf, dann sind die gewählten Farben keine Gegenfarben und man muß eine der beiden Farben ändern. 3. Untersuchung farbiger Gläser: Um z. B. die Helligkeit (Weißgehalt) eines roten Glases festzustellen, bringt man auf der Farbentrommel Rot und Weiß zur Mischung und beleuchtet die Trommel mit dem durch das Glas farbig gemachten Lichte; jene Stufe, bei der die Mischfarbe genau so wie das daneben stehende Graugemisch aussieht, gibt den Weißgehalt des farbigen Glases an.

Für die Praxis.

Zum Beharrungsgesetz. Von Dr. I. Kraus in Wien. JOHN TYNDALL erzählt in seinem Buche „In den Alpen“ (S. 187 der deutschen Ausgabe), daß er beim Abstieg von dem Piz Morteratsch mit seinen Begleitern an einen Bergschrund geriet, an eine eigentümliche Spalte, die sich bildet, wenn der untere Teil eines Schneeabhanges sich vom oberen losreißt. Der Riß umgab den Berg wie ein Graben von erschreckender Tiefe. Ein Führer nötigte einen jüngeren, sich in einiger Höhe über dem Spalt auf den Schnee zu setzen — ich glaube, fügt TYNDALL hinzu, er half noch außerdem mit einem Stoß nach —. Jedenfalls war der Abhang so steil, daß der junge Mann mit einer solchen Geschwindigkeit über den Spalt hinüberschießen mußte, daß er dadurch sicher über den Abgrund hinüberflog. Dem Beispiel folgten hierauf auch die anderen Mitglieder der Gesellschaft. (Heute pflegt man Gletscherspalten häufig in dieser Weise zu überwinden, wobei man aber in der Regel ein Seil zu Hilfe nimmt, das von einem Gefährten gehalten wird.)

Mit einem etwa 15 cm langen und 3 cm breiten Streifen Wellpappe kann sich jeder Schüler leicht den von TYNDALL beschriebenen Vorgang veranschaulichen. In den Streifen schneidet man 2 cm vom Ende des Streifens eine rechteckige Öffnung von etwa 8 mm Breite und 1½ cm Länge. Aus dem Streifen bildet man eine schiefe Ebene, indem man das obere Ende auf eine stehende Zünderschachtel legt. Eine erbsengroße Stahlkugel läßt man in einer Rinne der Wellpappe hinunterrollen; sie wird die Öffnung übersetzen. Legt man den Streifen auf die liegende Zünderschachtel, so daß die schiefe Ebene einen kleineren Neigungswinkel hat, so wird die herabrollende Kugel durch die Öffnung fallen. Andere Arten der Veranschaulichung lassen sich leicht ersinnen.

Ein wirklicher „Freihandversuch“ für die Optik. Von Dr. I. Kraus in Wien. Während der Sonnenfinsternis am 8. April legten wir die gespreizten Finger der rechten Hand über die gespreizten Finger der linken Hand und hielten das Hände-paar in den Gang der Sonnenstrahlen. Auf dem Erdboden zeigten sich Bilder der Sonnensichel¹⁾.

Nachweis des Doppler'schen Prinzips. Von Dr. A. Klaus in Berlin-Charlottenburg. Während die theoretische Besprechung des Doppler'schen Prinzips meist ziemlich leicht von den Schülern verstanden wird, stößt der experimentelle Nachweis

¹⁾ Man vergl. O. Ohmann über Sonnenbildchen bei einer Sonnenfinsternis, ds. Zeitschr. 18, 340.

infolge der nötigen lebhaften Bewegung der Schallquelle im Hörsaal auf Schwierigkeiten¹⁾, so daß der Lehrer sich meist mit dem Hinweis auf gelegentliche Beobachtung einer fahrenden pfeifenden Lokomotive oder klingelnden Straßenbahn begnügen muß. Und doch ist der Nachweis mit den denkbar einfachsten Hilfsmitteln möglich, wenn der Unterricht auf einige Minuten aus dem Klassenraum nach dem Schulhof verlegt wird: Ein Schüler wird mit einer gewöhnlichen mechanischen Klingel ausgerüstet und gegenüber den wie bei einem Wettlauf ausgerichteten übrigen Schülern der Klasse in einer Entfernung von etwa 50 m aufgestellt. Auf ein gegebenes Zeichen laufen alle mit höchster Geschwindigkeit an dem ihnen ebenfalls entgegenlaufenden klingelnden Schüler vorbei. Der Sprung in der Tonhöhe der Glocke im Augenblick der Begegnung ist für jeden deutlich wahrnehmbar.

Bekanntlich ist die Wellenlänge λ_1 des wahrgenommenen Tones, wenn die Schallquelle mit der relativen Geschwindigkeit v gegen den Beobachter bewegt wird: $\lambda_1 = \lambda \pm v : n$, wenn n die Schwingungszahl des Tones bezeichnet. Bei Einführung der Schwingungsdauer t und der Schallgeschwindigkeit c wird $\lambda_1 = ct \pm vt$. Das Verhältnis der Wellenlängen der wahrgenommenen Töne nach und vor der Begegnung ist dann $(c + v) : (c - v)$. Für einen Läufer in schnellster Gangart kann man wohl eine Geschwindigkeit von 6 m/sec. annehmen, daher wird der Tonunterschied $\frac{336}{324} = \frac{28}{27}$, d. h. etwa ein kleiner Halbton, dessen Intervall bekanntlich $\frac{25}{24}$ beträgt, womit die deutliche Wahrnehmbarkeit auch für nicht geübte Beobachter errechnet ist.

Das Glockenpendel (physisches und einfaches Pendel ineinander). Von Dr. W. Reinecke, Zoppot. Als physisches Pendel dient ein Glasrohr von etwa 1,5 cm lichter Weite und etwa 50 cm Länge. Dieses Rohr wird in eine etwa 3 cm lange zylindrische Blechhülse eingekittet. Vorher wird auf die Hülse ein Blechdeckel aufgelötet. Hart unter dem Deckel werden in die Hülse zwei gegenüberliegende Löcher zur Aufnahme einer Drehachse (Stahlnadel) gebohrt. Der Deckel erhält in der Mitte ein Loch, so daß an der Achse vorbei ein Faden in das Rohr hineingesenkt werden kann. An den Faden wird unten mit Klebwachs eine Stahlkugel angeklebt. Das ist das einfache Pendel in dem physischen, gleichsam der Klöppel zur Glocke. Der Faden kann nun beliebig auf- und abgezogen und so die Pendellänge des „Klöppels“ verändert werden. Die ganze Vorrichtung wird um die Achse drehbar aufgehängt, das obere Fadenende festgemacht. Nun verändert man die Länge des Klöppels, bis die schwingende „Glocke“ nicht mehr läutet. Dann befindet sich die Kugel im Schwingungsmittelpunkt. Bei kürzerem Faden stößt die Kugel bei der Umkehr der Schwingung an die untere Seite der Glocke, bleibt dort liegen und dämpft den Ton. Bei längerem Faden stößt sie gegen die obere Seite, prallt ab und läßt den Ton verhallen. Seit 1915 verwende ich das „Glockenpendel“ im Unterricht; bei der ersten Ausführung war das Glasrohr in einen durchbohrten Kork eingesetzt, der Faden um die Achse geschlungen. Das Glasrohr läßt sich noch annähernd als dünner Stab ansehen. Der Schwingungsmittelpunkt liegt in $\frac{2}{3}$ der Länge. Beispiel: Länge des physischen Pendels 53,6 cm, des Fadenpendels 36,0 cm ($\frac{2}{3} \cdot 53,6 = 35,7$), $T = 2\pi \sqrt{360 : 981} = 1,2^s$, übereinstimmend mit dem Versuch.

¹⁾ Hingewiesen sei jedoch auf den Versuch von Mach in Rosenbergs Experimentierbuch sowie die Abänderungen von van Gulik, ds. Zeitschr. 14, 288 und Grimsehl, ds. Zeitschr. 17, 159. — P.

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Rutherfords Atomzertrümmerung mittels α -Strahlen. Die Struktur der Atome wird im Rutherford-Bohrschen Atommodell auf positive und negative Elektrizität zurückgeführt. Positiv geladen ist der Zentralkern von kleinem Volumen, doch großer Masse. Der Radius des Kernes ist von der Größenordnung 10^{-12} cm, während die Entfernung der äußersten negativen Elektronen vom Kern dem Atomradius entspricht, der von der Größenordnung 10^{-8} cm ist. Daß die negativen Elektronen nicht vom positiven Kern angezogen werden, läßt sich nur durch die Annahme verständlich machen, daß sie um den Kern rotieren (1¹). Bekannt ist bisher nur die Anordnung der Elektronen um den Kern bei den Atommodellen von Wasserstoff und Helium.

Die äußeren Elektronen eines Atoms bedingen seine chemischen und viele physikalischen Eigenschaften, während der Kern die Hauptmasse enthält und bei den radioaktiven Vorgängen zerfällt. Da hierbei auch negative Elektronen entstehen, die sog. β -Strahlen, so müssen die Atomkerne auch negative Elektronen enthalten, deren Ladung jedoch kleiner als die des gesamten positiven Kernanteils ist. Diese Kernladung, ausgedrückt in elektrischen Elementarquanten, stimmt mit der sog. Ordnungszahl des Elements überein, die sich aus dem periodischen System oder noch eindeutiger auf Grund des Moseleyschen Gesetzes der Röntgenstrahlen ergibt. Der leichteste Atomkern ist der des Wasserstoffs, der die Ordnungszahl 1 hat. Helium hat die Ordnungszahl 2 und demnach eine doppelte positive Ladung. Nach Rutherfords Annahme ist der Helium-Kern mit dem α -Teilchen identisch. Lithium hat die Kernladung 3, Beryllium 4 usw., schließlich Uran, dessen Kernladung zu 92 angenommen wird. Über den Aufbau des Kerns läßt sich nur so viel sagen, daß an ihm auch negative Elektronen beteiligt sein müssen. Ein genaueres Bild hat man sich bisher nur von einigen leichten Atomkernen zu machen versucht. So stellte sich Rutherford früher z. B. den Sauerstoffkern aus α -Teilchen, d. h. Heliumkernen aufgebaut vor, während er sich den Stickstoffkern aus α -Teilchen und H -Teilchen zusammengesetzt dachte. Er wurde jedoch anderer Ansicht, als es ihm vor zwei Jahren gelang, den Stickstoffkern zu zertrümmern, d. h. einzelne Bestandteile herauszuschlagen.

Bei der Untersuchung des α -Strahlendurchgangs durch Wasserstoff erhielt Rutherford (2) außerhalb der Reichweite der α -Strahlen neue Strahlen von positiver Ladung, deren Reichweite die der α -Strahlen um das Vierfache übertraf. Elektromagnetische Ablenkungsversuche gaben bald Aufschluß über die Natur dieser Strahlen. Sie waren Wasserstoffkerne, die durch den Anprall der α -Strahlen in schnelle Bewegung versetzt waren. R. verwendete bei seinen Versuchen α -Strahlen vom Radium-C, die eine Reichweite von 7 cm in Luft besitzen. Ihrem Massenverhältnis entsprechend erteilen sie den H -Kernen eine Reichweite von 28 cm. Derartige H -Strahlen erhielten E. Marsden und W. C. Lantsberry auch bei der Durchstrahlung nur sehr dünner Schichten wasserstoffhaltiger Substanzen, wie z. B. Wachs. Dabei war es also ganz gleichgültig, ob das H -Atom an seiner Oberfläche chemisch an andere Atome gebunden war oder nicht, ein zentraler Stoß eines α -Teilchens gegen den Kern des H -Atoms genügte, um das H -Teilchen herauszuschleudern. Derartige Zusammenstöße sind aber selten. Wie Rutherford bemerkt, entsteht aus 10^5 α -Teilchen, von denen jedes auf 1 cm Weg im Wasserstoffgas mit etwa 10^4 H -Molekülen zusammenstößt, nur 1 H -Teilchen von großer Reichweite.

Da Rutherford hier die Stoßgesetze zwischen α -Strahlteilchen und H -Kernen weitgehend bestätigt sah, versuchte er, sie auch auf die Atomkerne anderer leichter Elemente anzuwenden, kam aber sofort zu dem Ergebnis, daß ein Zusammenstoß von α -Teilchen mit Kernen größerer Masse nur einfach geladene Atomionen hervorbringen kann, die sich außerhalb der α -Strahlenreichweite bemerkbar machen müßten. Diese Erwägung hat auch nur bei den leichten Elementen bis zum Sauerstoff Gültigkeit.

Bei der experimentellen Untersuchung dieser Erscheinungen traf Rutherford die Versuchsanordnung so, daß er α -Strahlteilchen eines mit Radium-C bedeckten Bleches durch eine 3 cm dicke Schicht des zu untersuchenden Gases gehen ließ, während die β -Strahlen des Radium-C durch sehr starke magnetische Ablenkung beseitigt wurden. Die Strahlen gingen dann durch dünne Metallfolien von solcher Dicke, daß darin die α -Strahlen des Radium-C vollkommen absorbiert wurden und nur die neu entstandenen Strahlen den dahinter aufgestellten Zinksulfidschirm trafen. Die hierdurch hervorgerufenen Scintillationen wurden mit einem Mikroskop gezählt.

¹) Literaturübersicht siehe am Ende des Berichts.

Als er die α -Strahlen zuerst durch gut getrocknete Luft schickte, beobachtete er H -Strahlen großer Reichweite, die aber nicht in reinem Sauerstoff und in Kohlensäure auftraten. Bei Verwendung reinen Stickstoffs wurde die Stärke der Strahlung noch wesentlich erhöht, so daß er wohl mit Recht daraus auf eine Zertrümmerung des Stickstoffkerns schloß. Zur Identifizierung dieser weitreichenden Strahlen mit H -Strahlen wurde ihre magnetische Ablenkung untersucht, die mit der der aus Wasserstoff entstandenen H -Strahlen verglichen wurde (3). Sie ist im Vakuum proportional der Größe $\frac{e}{m \cdot v}$, worin e die Ladung, m die Masse und v die Geschwindigkeit der Teilchen ist. Bei diesen Strahlen kann es sich nur um Partikel der Masse 1 handeln, da sich nur hierfür eine Ablenkung ergibt, die in Übereinstimmung mit der Beobachtung größer als die der α -Strahlen ist. Damit ist aber erwiesen, daß auch die bei der Stickstoffkern-Zerlegung auftretenden weitreichenden Strahlen H -Strahlen sind.

Neben den H -Strahlen trat aber bei Rutherford's Versuchen noch eine andere Strahlenart auf, deren Reichweite zu 9 cm bestimmt wurde. Ihrem wahrscheinlichen Ursprung entsprechend wurden sie von ihrem Entdecker „ N - und O -Strahlen“ genannt. Doch erheischte sofort die sonderbare Übereinstimmung der Reichweite dieser beiden Strahlenarten Aufklärung, zumal einfach geladene Stickstoffionen theoretisch eine Reichweite von 9,3 cm und Sauerstoffionen eine solche von 7,8 cm haben müßten. Zur Lösung dieses Rätsels wurde zunächst die magnetische Ablenkbarkeit der in reinem Stickstoff entstandenen Strahlen und dann die der in Luft hervorgerufenen Strahlen gemessen. Da aber auch hierbei kein Unterschied zu bemerken war, schien ihre Identität völlig festzustehen. Dabei war ihre Ablenkbarkeit größer als die der α -Strahlen, während sie für den Fall, daß die Strahlen aus Atomionen eines anderen Elements als Wasserstoff beständen, geringer sein müßte. Einfach geladene O - oder N -Ionen konnten es demnach nicht sein, sie mußten Teile der Kerne sein. Ihre Masse und Ablenkbarkeit läßt sich nach Smekal (2) ungefähr folgendermaßen bestimmen.

Rutherford stellte fest, daß die mittlere magnetische Ablenkbarkeit der unbekanntem Partikel unter den obwaltenden Versuchsbedingungen 1,14mal so groß ist wie die Ablenkbarkeit eines solchen Teilchens im Vakuum, während das gleiche Verhältnis für die H -Strahlen 1,05, für die α -Strahlen 1,25 beträgt. Sind nun m, e, v, M, E, V die Masse, Ladung und Geschwindigkeit der unbekanntem Partikel, bzw. der α -Strahlen,

so gilt für die Ablenkbarkeit:

$$1,14 \cdot \frac{e}{m \cdot v} = 1,25 \frac{E}{M \cdot V}$$

Hierin ist für die α -Strahlen $E = 2$ und $M = 4$. Demnach ergibt sich:

$$\frac{e}{m} = \frac{1,25 v}{1,14 V} \dots \dots \dots 1.$$

Zur Beseitigung des Geschwindigkeitsverhältnisses $\frac{v}{V}$ läßt sich eine von Rutherford verwendete Reichweitenformel heranziehen (4). Bedeutet R die Reichweite der α -Strahlen in Luft, so ist

$$R = \alpha \cdot \frac{M}{E^2} \cdot V^2.$$

α ist darin eine Konstante, die nur von der Natur des durchlaufenen Mediums abhängt. Für die von Rutherford verwendeten α -Strahlen von Radium- C ist $R = 7$ cm, für die unbekanntem Strahlen $R_1 = 9$ cm, demnach das Verhältnis

$$\frac{R_1}{R} = \frac{m}{e^2} \left(\frac{v}{V} \right)^3 \dots \dots \dots 2.$$

da $M = 4$ und $E = 2$ war. Aus 1. und 2. ergibt sich schließlich durch Elimination von $\frac{v}{V}$:

$$\frac{m^2}{e} = 4,72 \dots \dots \dots 3.$$

Da die Ladung $E (= 2)$ des α -Teilchens oben in Elementarquanten ausgedrückt wurde, muß e auch ganzzahlig sein. Ähnlich wie die Prout'sche Hypothese, die ja bekanntlich aus der vermeintlichen Ganzzahligkeit der Atomgewichte einen Aufbau aller Elemente aus Wasserstoff folgerte, hält Rutherford die H -Kerne und die Elektronen für die Bausteine aller Atome. Demnach muß auch m eine ganze Zahl sein, wie auch M als ganze Zahl angegeben ist. Nun gibt aber die Gleichung 3 nur für $e = 2$ einen Wert m , der sich bis auf eine geringe Ungenauigkeit dem Werte 3 nähert. Hieraus folgert Rutherford, daß die Partikel, aus denen die „ O -“ und „ N -Strahlen“ zusammengesetzt sind, Heliumisotope von der Masse 3 darstellen und hat damit einen neuen bisher unbekanntem Atomkern gefunden.

Bedenkt man, daß diese „ X_3 -Strahlen“, wie Rutherford sie nennt, auch aus dem Zusammenstoß von schnellen α -Strahlen mit Sauerstoffkernen hervorgehen, so muß der O -Kern ebenso wie der H -Kern anders aufgebaut sein, als sie sich Rutherford bisher vorstellte. Er kommt daher selbst zu dem Ergebnis, daß der Sauerstoffkern aus 4 X_3 - und 1 He -Kern mit 2 Elektronen bestehend zu denken ist, der Stickstoffkern aus 4 Λ_3 , 2 H -Kernen und 3 Elektronen. Bestimmend für diese Annahme ist die Beobach-

tung der bei der Kernzerlegung durch α -Strahlen beobachteten Strahlen.

Trotz der Identität der Träger der O - und N -Strahlen bleibt noch zu erklären übrig, warum diese X_3 -Strahlen, die ganz verschiedenen Atomkernverbänden entstammen, doch gleiche Reichweite haben. Diese Übereinstimmung läßt nach Rutherford vermuten, daß die Kohäsionsenergien, die die α -Strahlen bei der Kernsprengung zu überwinden haben, nur gering sind, so daß der größte Anteil der Bewegungsenergie der α -Teilchen an zentral getroffene Kernteile abgegeben wird. Diese Ansicht scheint auch die Beobachtung Rutherfords zu bestätigen, daß die X_3 -Strahlen hauptsächlich in der Richtung der einfallenden α -Strahlen ausgesandt werden. Rutherford hat die durch die H - und X_3 -Strahlen hervorgerufenen Scintillationen gezählt. Dabei ergaben sich im H -Gas pro Zentimeter Weglänge auf je 10^6 α -Strahlenteilchen 10 schnelle H -Strahlenteilchen und im reinen N -Gas nur 7 X_3 -Teilchen und 3 H -Teilchen. Die untere Reichweitengrenze der α -Strahlen, die gerade noch im Stickstoff außerhalb der α -Strahlenreichweite merkliche H -Strahlen hervorbringen können, beträgt nach Rutherfords Messungen nur 2,7 cm. Hierbei ist allerdings die Zahl der Kernzerlegungen nur sehr klein. Die Energie eines α -Strahlenteilchens von dieser Reichweite kann demnach als obere Grenze der Kohäsionsenergie des Stickstoffkerns gelten. Wie Smekal (5) unter Verwendung der in der Relativitätstheorie liegenden Beziehung zwischen Energie und Masse berechnet, kommt dieser Energiebetrag einer Massendifferenz von 0,002 Atomgewichtseinheiten gleich. Ähnlich liegen die Verhältnisse im Sauerstoffkern; auch für ihn scheint die obere Kohäsionsenergie dieselbe zu sein, wie sie eben für den Stickstoffkern angegeben wurde.

Ist nun ein Kernteil z. B. X_3 aus dem Kernverband herausgeschleudert, so schließt sich der Rest zu einem neuen Kern zusammen, wie wir es von den radioaktiven Elementen her kennen. Hierbei muß Energie frei werden. Denn, wie Rutherford berechnet hat, ist der Energieinhalt eines X_3 -Strahlenteilchens um 8% größer wie der des erzeugenden α -Strahlenteilchens. Also muß dieser Energiebetrag die obere Grenze für die bei der Kontraktion eines Kernrestes freierwerdenden Energie sein, sofern man alle übrigen Energieverluste vernachlässigt. Diese Kontraktionsenergie scheint für den Sauerstoff- und den Stickstoffkern gleich groß zu sein. Daraus ergibt sich dann aber auch die Übereinstimmung der Reichweiten der X_3 -Strahlen von Sauerstoff und von Stickstoff.

Da die Kohäsionsenergien sehr klein sind, kann der entsprechende Massenwert bei der

Berechnung der Atomgewichte vernachlässigt werden. Unter dieser Voraussetzung berechnet Smekal das Atomgewicht von X_3 zu 3,000 aus den beiden Beziehungen:

$$N = 4 X_3 + 2 H \text{ und } O = 4 X_3 + He$$

unter Verwendung von $N = 14,010$, $H = 1,0077$, $He = 4,002$ und $O = 16,000$. Der X_3 -Kern hat also die Masse 3 und eine positive Ladung 2. Man kann sich daher vorstellen, daß er nach der Routhschen Hypothese aus 3 Wasserstoffkernen und einem Elektron aufgebaut ist. Aus der Massendifferenz $3 H - X_3$ ergeben sich nach obigem 0,024 Atomgewichtseinheiten, denen nach der relativistischen Energie-Masse-Beziehung ein Energiebetrag von $3,68 \cdot 10^{-5}$ Erg entspricht. Das ist die Kohäsionsenergie des X_3 -Kernes, die demnach kleiner ist, als die in gleicher Weise berechnete innere Energie des Heliumkernes (α -Teilchens), die $4,45 \cdot 10^{-5}$ Erg beträgt. Also ist das α -Teilchen stabiler als das X_3 , weshalb auch wohl bei allen radioaktiven Zerfallsprozessen fast nur α -Teilchen beobachtet werden, obwohl eine Beteiligung von X_3 am Kernaufbau der radioaktiven Stoffe nicht ausgeschlossen ist (6). Die X_3 -Kerne mit α -Teilchen zu zertrümmern ist nicht möglich, denn die Energie der schnellsten α -Strahlen beträgt nur ungefähr ein Drittel der Kohäsionsenergie des X_3 -Kernes.

A. Wenzel.

Literaturübersicht:

1. Vgl. K. Fajans, Radioaktivität und die neueste Entwicklung der Lehre von den chemischen Elementen. 2. Aufl. Braunschweig 1920.
2. E. Rutherford, Phil. Mag. 37, 537, 562, 571, 581, 1919. Vgl. auch A. Smekal, Die Naturw. 9, 77, 1921.
3. Derselbe, Roy. Soc. Proc. Series A. 97, 374, 1920.
4. Siehe 2. oder vgl. W. Lenz, Die Naturw. 8, 181, 1920 oder Handbuch der Radiologie, Bd. II: E. Rutherford, Radioaktive Substanzen und ihre Strahlungen, S. 119 ff. 1913.
5. A. Smekal, Die Naturw. 9, 93, 1921.
6. Vgl. hierzu: St. Meyer, Zeitschr. f. Phys. Chemie 95, 407 u. 433, 1920.

Josef Loschmidt und die Loschmidtsche Zahl. Am 15. März waren 100 Jahre verflossen, seit Josef Loschmidt in dem kleinen Ort Putschirn bei Karlsbad in Böhmen geboren wurde. F. EXNER gibt in den „Naturwissenschaften“ (1921, Heft II) aus eigener langer persönlicher Bekanntschaft ein lebensvolles Bild des schlichten Forschers, der als Knabe die Aufmerksamkeit des Ortspfarrers auf sich zog und durch dessen Fürsorge aus einem Ziegenhüter zum Gymnasialschüler in Prag wurde. Er studierte auch in Prag und hatte das Glück, als Vorleser bei dem Philosophen Franz Exner, dem Vater des Physikers, beschäftigt und dadurch zu philosophischen Studien angeregt zu werden. Er sagte sich zwar von diesen wieder los, da ihm die ihm gestellte Aufgabe in Herbartischem Sinne die

Mathematik auf psychologische Probleme anzuwenden, im Prinzip verfehlt und also unlösbar erschien, hat aber doch die der Philosophie gewidmete Mühe niemals bereut. Auch von seiner jugendlichen Begeisterung für Schillers Räuber berichtet F. EXNER eine ergötzliche Episode. Nach Wien 1842 übergesiedelt studierte Loschmidt nunmehr Naturwissenschaften und vornehmlich Chemie. Indessen mußte er aus Mangel an Mitteln die Studien einstellen und jahrelang durch praktische Tätigkeit in Fabriken seinen Lebensunterhalt erwerben. Als aber 1850 mit der Reorganisation der österreichischen Universitäten der Vater F. Exner in das Ministerium nach Wien berufen war, fand sich dort für Loschmidt eine bescheidene Stelle als Lehrer an einer Unterrealschule, die ihm Muße für wissenschaftliche Studien gewährte. Ihn interessierten namentlich die beiden damals im Vordergrund der Forschung stehenden Probleme, die kinetische Theorie der Gase und die Thermodynamik. Im Jahre 1865 veröffentlichte er in den Schriften der Wiener Akademie der Wissenschaften seine berühmte Arbeit „Zur Größe der Luftmoleküle“. Im Zusammenhange damit bestimmte er auch die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit eines normalen Gases, und damit auch die Zahl der in einem Grammatom enthaltenen Atome, die nach ihm benannte Loschmidtsche Zahl, ungerechtfertigter Weise oft auch nach Avogadro genannt, der aber mit dieser Zahl absolut nichts zu tun hat. Loschmidt wurde bald darauf (1867) zum Mitgliede der Wiener Akademie der Wissenschaften gewählt und (1868) zum Professor der Physik an der Wiener Universität ernannt. Er hat als solcher eine Reihe vortrefflicher Experimentaluntersuchungen ausgeführt, darunter besonders eine zur Bestätigung der kinetischen Gastheorie durch Bestimmung der freien Diffusion von Gasen (1870). Er hat auch das Kerrsche und das Hallsche Phänomen vorausgesagt, aber aus Mangel an Mitteln nicht verwirklichen können. Exner vergleicht diese Leistung mit Newtons unglaublich erscheinender Annahme, daß materielle Teilchen sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen könnten, wie erst heute erwiesen ist. „Im Unbekannten das Mögliche vom Unmöglichen zu unterscheiden, setzt Genie voraus.“

In demselben Heft der „Naturwissenschaften“ berichtet A. HAAS über die Methoden zur Bestimmung der Loschmidtschen Zahl (L). Während Loschmidts Rechnungen nur zu der Größenordnung (10^{23}) dieser Zahl führten, kennt man seit 1900 den Wert dieser universellen Konstanten sehr genau, er ist $L = 6,06 \cdot 10^{23}$. Die zahlreichen Methoden teilt HAAS in vier Gruppen:

1. Bestimmung von L durch Verknüpfung mit dem elektrischen Elementarquantum e .

Diese Verknüpfung findet bei der *Elektrolyse* statt: Ein Grammatom eines einwertigen Elements wird in 1 Sekunde bei einer Stromstärke von 96494 Amp. ausgeschieden (Faradaysche Zahl); dem entspricht im elektrostatischen Maß gemessen eine $3 \cdot 10^9$ so große Elektrizitätsmenge, d. h. $2,8939 \cdot 10^{14}$ elektrost. Einheiten. Bezeichnet man die einem Atom anhaftende Elektrizitätsmenge, das Elementarquantum, mit e , so ist

$$eL = 2,8939 \cdot 10^{14}.$$

Dasselbe Produkt eL kann auch mit Hilfe der *Ablenkung der α -Strahlen* ermittelt werden. Die α -Strahlen bestehen aus positiv geladenen Heliumatomen und die Masse eines Heliumatoms ist $4M$, wenn M die des Wasserstoffatoms bedeutet. Nun läßt sich die spezifische Ladung γ eines α -Teilchens, d. h. das Verhältnis der elektrischen Ladung zur Masse mit Hilfe der Ablenkungen im elektrischen und im magnetischen Feld ermitteln. Man findet $\gamma = 1,45 \cdot 10^{14}$ abs. Einheiten. Da nun die Ladung eines Heliumatoms nach der Theorie des periodischen Systems der Elemente $2e$ beträgt, so ist $\gamma = 2e/4M$, oder da ein Grammatom $H = 1,008$ g und $M = \frac{1,008}{L}$,

so folgt $\gamma = \frac{e \cdot L}{2 \cdot 1,008}$, woraus $eL = 2,9 \cdot 10^{14}$ elektrost. Einheiten. Die Methode ist indessen nicht so genau, wie die vorhergehende.

Die Größe e kann ebenfalls auf zwei verschiedene Arten bestimmt werden. Erstens vermittelt der *Szintillation* (Rutherford und Geiger, Regener, 1908) durch Zählung der auf einen Zinkblendeschirm auftreffenden α -Teilchen und Messung ihrer Ladung; letztere betrug für ein α -Teilchen $9,3 \cdot 10^{-10}$ stat. Einh., woraus, da eine solche Ladung $= 2e$ ist, $e = 4,7 \cdot 10^{-10}$ stat. Einh. folgt. Zweitens durch *Individualbeobachtung kleiner elektrischer Ladungen* (Millikan): Ein geladenes materielles Teilchen (Radius nicht unter 10^{-4} cm) wird im Mikroskop beobachtet, während es gleichzeitig der Schwere und einem es aufwärts treibenden elektrischen Felde unterliegt. Es wird die Feldstärke ermittelt, bei der das Teilchen gerade schwebt, und die Ladung (durch radioaktive oder Röntgenstrahlung) um eine oder mehrere Einheiten variiert. So ergab sich $e = 4,774$ stat. Einh. (möglicher Fehler nicht $> 0,004 \cdot 10^{-10}$). Durch Kombination mit dem oben angegebenen Wert von eL fand man $L = 6,061 \cdot 10^{23}$. Dies ist der genaueste, nur in der 3. Dezimale unsichere Wert). (Hieraus berechnet sich die Zahl der Molekeln, die in 1 cm eines Gases bei 0° und 760 mm Druck erhalten sind, die sog. Avogadro'sche Zahl $A = 5,45 \cdot 10^{19}$).

2. Methoden, die auf dem elementaren Wirkungsquantum der Energie beruhen.

Nach PLANCK setzt sich alle Strahlungsenergie aus Elementarquanten von der Größe $h\nu$ zusammen, worin ν die Frequenz der Strahlung bedeutet. Es gelang PLANCK (1900) durch Kombination der folgenden beiden Gesetze sowohl das Wirkungsquantum, als auch die Zahl L zu bestimmen.

Das Stefan'sche Strahlungsgesetz sagt aus, daß die von einem schwarzen Körper in der Zeiteinheit ausgestrahlte Wärmemenge, bezogen auf die Einheit der Oberfläche (das Emissionsvermögen) proportional mit T^4 ist. Für den Proportionalitätsfaktor a (die Stefansche Konstante) gilt nach PLANCK'S Quantentheorie

$$a = \frac{2\pi^5 R^4}{15 L^4 c^2 h^3}$$

wo R die Gaskonstante, c die Lichtgeschwindigkeit ist. Andererseits besagt das Wien'sche Verschiebungsgesetz, daß die Wellenlänge des Spektrums, für das die Energie ein Maximum besitzt, von der absoluten Temperatur T abhängt nach der Gleichung

$$\lambda_{\max} \cdot T = b.$$

Hierin ist b eine universelle Konstante (Wien'sche Konstante), die nach der Quantentheorie die Bedeutung hat

$$b = \frac{c h L}{4,9651 R}$$

Neu waren durch Messungen die Werte ermittelt:

$$a = 5,29 \cdot 10^{-5}, \quad b = 0,294.$$

PLANCK löste die beiden Gleichungen für a und b nach h und L auf und fand (1900)

$$h = 6,548 \cdot 10^{-27} \text{ Erg. sec.}$$

$$L = 6,17 \cdot 10^{23},$$

einen Wert, der von dem vorher angegebenen genauesten Wert nur unerheblich abweicht.

Ein anderes Verfahren stützt sich auf den lichtelektrischen Effekt. Nach Einstein (1905) besteht für die Umwandlung zwischen der elektromagnetischen Wellenstrahlung und der Energie der korpuskularen Elektronenstrahlung die Gleichung

$$h\nu = e \cdot V,$$

worin V die Potentialdifferenz bedeutet, der das Elektron seine Energie verdankt, wozu noch ein additives Glied treten kann, das eine Arbeit darstellt. Werden nun beim lichtelektrischen Effekt durch Auftreffen kurzweiliger Strahlen auf die Oberfläche eines Körpers Elektronen losgerissen und dadurch der Körper auf ein Potential V aufgeladen, so gilt ebenfalls

$$h\nu = eV + W,$$

worin W die zur Abtrennung eines Elektrons aufgewandte Arbeit bedeutet. Aus Messungen bei verschiedener Frequenz ν läßt sich das Ver-

hältnis h/e berechnen (Millikan 1916), woraus mit Hilfe des PLANCK'Schen Wertes für h sich e und daraus wie früher L ergibt.

3. Verfahren, bei dem die Masse m der negativen Elektronen benutzt wird.

Hierzu kann zunächst die spezifische Elektronenladung dienen. Nach demselben Verfahren wie bei den α -Strahlen läßt sich auch bei Kathoden- und β -Strahlen der Quotient $\frac{e}{m}$ ermitteln (Kaufmann und Wiechert 1899). Neuere Messungen ergaben

$$\frac{e}{m} = 5,31 \cdot 10^{17} \text{ abs. Einh.}$$

Ferner spielt hier die Rydbergsche Konstante eine Rolle. Nach Balmer's Entdeckung (1885) besteht für die Frequenzen der Linien des Wasserstoffspektrums die Beziehung

$$\nu = N \left(\frac{1}{s^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

worin s und n ganze Zahlen, N eine Konstante (die Rydbergsche Konstante = 3291 Billionen pro Sek.). Für N fanden Haas und nach ihm Bohr den Zusammenhang

$$N = \frac{2\pi^2 e^4 m}{h^3}$$

Heranzuziehen ist weiter die Violettverschiebung der Heliumlinien. Die Linien des Heliumspektrums zeigen Abweichungen von der Bohrschen Spektraltheorie, die Bohr selbst dadurch erklärte, daß bei der Elektronenbewegung, die die Spektrallinien hervorruft, auch der Atomkern mitgeführt wird. Wegen der verschiedenen Schwere der Atomkerne hat die Rydbergsche Konstante für He und H verschiedene Werte N_{He} und N_H , und die Theorie führt zu der Formel

$$\frac{m}{M} = \frac{N_{He} - N_H}{N_H - \frac{3,97}{1} N_{He}}$$

worin 3,97 das Verhältnis der Atomgewichte von He und H , M die Masse eines Wasserstoffatoms bedeutet. Nun ergaben die spektroskopischen Messungen mit großer Genauigkeit

$$N_H/c = 109\,677,69 (\pm 0,06);$$

$$N_{He}/c = 109\,722,14 (\pm 0,04), \text{ woraus}$$

$$\frac{M}{m} = 1845.$$

Endlich kommt noch die Feinstruktur der Spektrallinien in Betracht. In stark auflösenden Spektralapparaten erweisen sich die Linien der optischen Wasserstoffserie als Dublette von einer konstanten Schwingungsdifferenz $\Delta\nu$. Für diese ergab Sommerfeld's Theorie der Feinstruktur die Beziehung

$$\Delta\nu = \frac{N\pi^2 e^4}{4h^2 c^4}$$

Aus den vier Gleichungen für ϵ/m , N , $\frac{m}{M}$ und $\Delta\nu$ konnten die Werte von ϵ , m , M und h bestimmt werden. Mit M ist schließlich auch die Loschmidtsche Zahl gefunden, denn der Zusammenhang von M mit L ist, da ein Gramm-atom Wasserstoff 1,0077 g beträgt, dargestellt durch

$$L = \frac{1,0077}{M}$$

4. Methoden, bei denen L unmittelbar bestimmt wird. Hierzu kann die Brownsche Bewegung dienen. Auf Grund einer Theorie von Einstein läßt sich L ermitteln, indem man unter dem Mikro-

skop die Bewegung eines suspendierten Teilchens messend verfolgt. Perrin fand etwa $L = 7 \cdot 10^{23}$. Neuerdings Erich Schmid in Wien $5,94 \cdot 10^{23}$.

Zu einer Bestimmung von L von ebenfalls mäßiger Genauigkeit sind auch die Emulsionen verwendbar. Unter dem Einfluß der Schwere und der Molekularbewegung stellt sich bei den in einer Flüssigkeit suspendierten Teilchen in der Verteilung über die verschiedenen Höhenlagen ein Gleichgewichtszustand ein, aus dem Perrin den Wert $6,8 \cdot 10^{23}$ berechnete.

Daß sich aus allen diesen grundverschiedenen Methoden immer dieselben Werte für L ergaben, kann nach HAAS als ein sicherer Beweis für die Existenz der Atome angesehen werden. P.

3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

Fiktionen in der Physik. Von den philosophischen Strömungen der Gegenwart hat der Fiktionalismus, wie er von H. VAHINGER systematisch in seinem umfassenden Werk: „Die Philosophie des Als-Ob“ (1911, 3. Aufl. 1918) entwickelt worden ist, weite Kreise der wissenschaftlichen Welt angeregt. Eine besondere Zeitschrift: die „Annalen der Philosophie“ und eine „Vereinigung der Freunde und Förderer des positivistischen Idealismus“ sind gegründet worden, eine „Als-Ob-Konferenz“ hat 1920 in Halle stattgefunden: alles, um die Diskussion der Vaihinger'schen Ideen prinzipiell und praktisch zu fördern.

Im 1. und 2. Band der Annalen (1919) sind nun zwei Aufsätze erschienen, die sich mit Fiktionen in der Physik befassen. Prof. Dr. O. LEHMANN (Karlsruhe) behandelt „Das Als-Ob in der Molekularphysik“, Studienrat Dr. J. SCHULTZ (Berlin) die „Fiktionen in der Elektrizitätslehre“. Beide Arbeiten zeigen die Tendenz der Zeitschrift, die Probleme der Philosophie in der Einzelwissenschaft aufzusuchen, aber sie zeigen sie in verschiedener Weise. In der ersten sucht ein Physiker nach philosophischer Klärung seiner physikalischen Überlegungen, in der zweiten spricht der Philosoph (Sch. ist nicht Physiker), der seine Grundüberzeugungen mit den Ergebnissen der Wissenschaft in Einklang bringen will. — Das Gemeinsame beider liegt in der gleichen Ansicht von der Aufgabe der Philosophie: sie soll die Gesamtheit der Tatsachen einheitlich erklären und begreiflich machen, aber beides in einem ganz bestimmten Sinn. „Verstehen oder Begreifen eines Vorganges bedeutet die Fähigkeit, ihn in Gedanken sich abspielen zu lassen“, heißt es bei O. LEHMANN. „Wer den Vorgang nacherleben kann, hat ihn verstanden“ — sagt J. SCHULTZ. Daraus folgt dann für beide, daß die psychologischen Momente, die bei diesem Nacherleben eine Rolle spielen: der Willensakt des Ich und was ihm gleicht: die Kraftäußerung einer „kraft-

begabten Wesenheit“ die Grundlage für jedes Verständnis sind. „Im Augenblick, wo die Erklärung nichts mehr enthält als Raumlagen und Kräfte, schweigt das kausale Verlangen; man beruhigt sich; denn man hat restlos ‚verstanden‘“. (Sch. S. 47.) Kurz: „erklären“ heißt auf Mechanik zurückführen!

Von dieser Grundansicht geleitet, geht nun O. LEHMANN an die Aufgabe der Physik, die Fülle der Erscheinungen zu meistern. Dabei führt er den von VAHINGER prinzipiell entwickelten Weg im speziellen Fall der Molekularphysik durch. Es wird zunächst gezeigt, daß der Atombegriff notwendig ist, um überhaupt alle physikalischen Erscheinungen beschreiben und bezeichnen zu können. Wir haben z. B. (L. S. 214) die einfache Tatsache vor uns, daß die Lösung eines Mischkristalls von Tonerde- und Chromalaun dieselbe hellviolette Flüssigkeit ergibt, wie die Mischung der Lösungen von Tonerdealaun einerseits und Chromalaun andererseits. Nehmen wir die Molekularhypothese an, so ist die Erscheinung ohne weiteres verständlich. Wie aber soll die Flüssigkeit genannt werden, wenn wir keine molekulare Struktur zulassen, also einen einheitlichen Stoff vor uns sehen wollen? Lösung des Mischkristalls oder Mischung der Einzelslösungen? Oder soll man immer angeben, wie die Lösung entstanden ist? Bei Annahme der Einheitlichkeit der Lösung käme man dann je nach dem Mischungsverhältnis auf unendlich viele Bezeichnungen. — Welche Schwierigkeiten bei einem so einfachen Fall! — Man braucht also das Atom, die kraftbegabte Individualität. Aber gerade diese Grundeigenschaft des Atoms wird zum Widersinn, wenn man die organische Welt einbezieht. Teilung und Fortpflanzung, Beseelung der Zellen usw. sind mit dem Begriff der Individualität nicht in Einklang zu bringen! (Vgl. L. S. 221 ff.) — Das Dilemma ist da: die Atome sind notwendig, aber ihr Begriff führt in

letzter Konsequenz zum Widerspruch in sich. Ein Ausweg bleibt — nach VAHNINGER der einzige —: wir können so tun, als ob es Atome gäbe, deren Existenz uns nicht interessiert. Das genügt, um die Erscheinungen zu beschreiben, — und damit ist es genug.

Der allgemeine Begriff der Fiktion steht vor uns; sie ist ein Gedankengebilde, das bewußt-falsch, der Wirklichkeit und sogar in sich selbst widersprechend ist und doch zu praktisch-brauchbaren Resultaten führt. Sie ist ein Symbol für beobachtbare Fakta, besitzt zwar keinen Wirklichkeits-, wohl aber einen Leistungswert, insofern sie richtige Resultate ergibt. Die Fiktion schiebt „beobachtbaren Tatsachenreihen ersonnene Reihen unter, die als Bilder eines Geschehens — wiewohl eines Geschehens im Lande der Dichtung — gelten möchten“ (Sch. S. 52).

Bei der Durchführung bis zum allgemeinen Fiktionsbegriff bleibt O. LEHMANN stehen, in seine speziellen Eigenschaften dringt J. SCHULTZ vor.

Er scheidet zunächst ebenso wie VAHNINGER streng zwischen Fiktion und Hypothese. Die Hypothese steht der Art nach mit den verifizierbaren Behauptungen des betreffenden Erkenntnisgebietes auf einer Stufe, die Fiktion aber ist ihrer Definition nach bewußt-falsch, wirklichkeitsfremd und jeder Verifikation unzugänglich. VAHNINGER formuliert (*Phil. d. Als-Ob*, S. 147 ff.): „Hypothese und Fiktion sind nicht etwa graduell verschieden, sie sind qualitativ anderer Natur“. „Die Fiktion ist bloßes Hilfsgebilde, bloßer Umweg, bloßes Gerüst, welches wieder abgeschlagen werden soll, die Hypothese dagegen sieht einer definitiven Fixierung entgegen“ (S. 148). Die Hypothese „schafft ein sachliches Wissen, die Fiktion ist ein bloß methodologisches, formelles Mittel“ (S. 149).

Zwei Beispiele werden das erläutern, das erste von Sch., das zweite von V. — 1. Die Annahme, daß der Magnetismus ein Ätherwirbel „sei“, ist eine Fiktion. denn diese Wirbel sind nur zum Zweck der Betrachtung an die Stelle der magnetischen Erscheinungen getreten; sie sind keine Wirklichkeit und sollen keine sein. Eine Hypothese war es dagegen, als Faraday auf Grund dieser Fiktion die Drehung der Polarisations Ebene im Magnetfeld vorhersagte. Dieser Satz sollte verifizierbar sein und wurde auch bestätigt (Sch. S. 43). — 2. Die Atomistik ist eine Fiktion, denn das Atom ist in sich widersprechend; dagegen die Vorstellung der Reduktion der Arten der Materie auf einen einzigen Urstoff ist eine plausible Hypothese“ (V. S. 605).

Wie wird nun die Fiktion in der Forschung verwandt? J. SCHULTZ unterscheidet im wesentlichen — hier nicht in Übereinstimmung mit V. — vier Arten von Fiktionen.

1. Da die fiktive Reihe meist vollständiger ist als die tatsächliche, so kann man mit Hilfe von fiktiven Gliedern, denen tatsächliche noch nicht entsprechen, nach neuen Tatsachen suchen. Dies geschieht meist so, daß die Fiktion durch mathematische Einkleidung und Durchrechnung vervollständigt wird. Die Fiktion dient zum Aufsuchen: sie ist heuristisch. Das glänzendste und fruchtbarste Beispiel einer solchen Fiktion ist die Elektronentheorie. In ihr wird z. B. der Leitungsstrom auf das Wandern der Elektronen zurückgeführt; man kann also bei dieser Theorie ein bewegtes Elektron als einen Strom auffassen und kann mit Hilfe dieser Annahme die Erscheinungen der Kathoden-, Kanal- und Radiumstrahlen rechnerisch erfassen. — Ein anderes Beispiel erhalten wir, wenn wir die Formeln für die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten elektrischer und elastischer Wellen vergleichen. Wir sehen dann die Analogie zwischen der Dielektrizitätskonstanten ϵ und dem reziproken Torsionsmodul. Machen wir nun die Fiktion, daß die Dielektrizitätskonstante tatsächlich der reziproke Wert der elektrischen Starrheit des betreffenden Körpers sei, so finden wir damit sofort, daß für andere Zwischenmedien als Luft das Coulombsche Gesetz

die Form $K = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{e_1 e_2}{r^2}$ annehmen wird, daß die Kapazität eines Plattenkondensators zu ϵ proportional ist usw.

2. Durch die fiktive Annahme werden oft getrennte Gebiete der Wissenschaft verbunden. Die Fiktion ist verknüpfend. So verbindet die Fiktion der Ampèreschen Kreisströme Elektrizität und Magnetismus; so verknüpft die Energetik alle Gebiete der Physik, wenn sie behauptet, daß alle Vorgänge so aufzufassen sind, als ob sie Umwandlungen eines Etwas — Energie genannt — sind.

3. Schwerfaßliche Vorgänge können durch die fiktiven Reihen anschaulich, verständlich gemacht werden. Wir haben dann illustrierende Fiktionen vor uns. Hierzu gehören die Fiktion der Fluida, die Kraftlinien Maxwells, alle die Analogien, die man heranzieht, um die sinnlich nicht direkt wahrnehmbaren elektrischen Erscheinungen aus sinnlich-gegebenen Erfahrungskomplexen zu erläutern. Das „Fließen“ des „Stromes“, die Ladungs-„menge“, das Potential-„gefälle“: schon die Ausdrücke zeigen, wie hier illustriert werden soll!

4. Eine vierte Art von Fiktionen ergibt sich, wenn man die Vorgänge mechanisch deuten, d. h. „erklären“ will. Sch. nennt sie erklärende Fiktionen. Über sie ist nachher noch zu sprechen.

Neben diesen vier Arten erwähnt Sch. noch diejenigen, die zur — meist mathematischen — Umformung fiktiver Reihen dienen, wie z. B. die

Minimalprinzipien der Mechanik, — er nennt sie formale oder mathematisierende Fiktionen — und eine sechste Gruppe, die kategorialen Fiktionen, die nur eine mathematisch-elegante Form erzielen wollen. Zu diesen rechnet er die Einstein-Minkowskische Relativitätstheorie, bei deren Darstellung ihm aber wohl einige Mißverständnisse unterlaufen sind.

Die einzelnen Arten von Fiktionen gehen selbstverständlich oft ineinander über. Jede erklärende Fiktion z. B. kann von selbst heuristischen und illustrierenden Zwecken dienen usw. Hält man aber an der Einteilung fest, so kann man sofort sagen, daß Forschung und Philosophie nicht in gleichem Maße von ihnen Gebrauch machen werden. Der Forscher braucht heuristische und verknüpfende, der Pädagoge illustrierende, der Philosoph sucht erklärende Fiktionen.

Sch. ist nun Philosoph. Die vierte Gruppe beansprucht also sein größtes Interesse. Es werden daher die anderen Arten von Fiktionen in der Elektrizitätslehre von ihm wohl aufgezählt und kurz besprochen, das Hauptgewicht liegt aber auf der einheitlichen „Erklärung“, der mechanistischen fiktiven Deutung der Elektrik. Der fiktiven Deutung: denn die zahlreichen Versuche der letzten Jahrzehnte haben wohl gezeigt, daß eine mechanische Deutung der elektrischen Erscheinungen im gewöhnlichen Sinne, d. h. durch einfache Übertragung mechanischer Gesetze auf den Äther, das Elektron usw., nicht durchführbar ist. erinnert sei hier nur an den Äther, „das Schmerzenskind der mechanischen Naturauffassung“, wie PLANCK ihn genannt hat, der starr sein muß, um Transversalwellen zu ermöglichen, und trotzdem dem Durchgang der Planeten keinen Widerstand bieten darf, der unwägbar ist und doch, um die Nullpunktenergie erklären zu können, schwerer sein müßte als jeder andere wägbar Stoff (Nernst) usw. Hier versagt die gewöhnliche Mechanik, aber eine Fiktion ist möglich. Sch. geht diesen Weg. Er benutzt als Bausteine des Äthers, des Elektrons, des Atoms usw. ein Kraftzentrum, das zwar nach dem Newtonschen Attraktionsgesetz anzieht, aber umgekehrt proportional einer höheren Potenz des Abstandes abstößt. Dieses Zentrum heißt „Atomill“. „Aus Lagen und Bewegungen solcher Atomille soll nun die Welt erbaut werden“ (Sch. S. 56). Diese Aufgabe wird zunächst für den Äther, das Elektron und das Atom durchgeführt, und es wird gezeigt, daß sich mit diesen fiktiven Konstruktionen die elektrischen Erscheinungen darstellen lassen. In bezug auf Einzelheiten muß auf die Arbeit selbst verwiesen werden. Mit diesem System ist die „Erklärung“ erreicht, der Philosoph ist befriedigt.

Ich glaube nicht, daß man das von dem Physiker in gleichem Maße behaupten kann. Besonders drei Gesichtspunkte sind hervorzuheben.

1. Es wird behauptet, daß die angegebene Fiktion zu richtigen Resultaten führt. Das mag im allgemeinen stimmen, aber zwingend wäre der Beweis doch wohl erst, wenn man z. B. zeigen könnte, daß bei mathematischer Durchführung der Annahmen die Grundgleichungen der Elektronik herauskommen. Dann hätte man doch ein sicheres Maß dafür, wie weit die Gültigkeit jener Annahmen geht.

2. Die mechanistische Fiktion soll erklären, begreiflich machen. Das Atomill ist deshalb aus Elementen aufgebaut, die uns psychologisch geläufig sind. Aber zu diesem Begreiflichen muß — es liegt ja im Wesen der Fiktion — etwas hinzukommen, was wirklichkeitsfremd, also unbegreiflich ist, und das ist die Verknüpfung, das Gesetz, das zwischen den Atomillen herrscht und jeder Erfahrung widerspricht. Nun sind aber, wie Sch. selbst sagt (S. 45), Maß und Zahl, allgemein: die Beziehungen, das, was der Physiker sucht. Sie konstituieren den Gegenstand der Physik. (Vgl. hierzu das Buch von E. CASSIRER, Substanzbegriff und Funktionsbegriff, wo dieser Charakter der physikalischen Erkenntnis im einzelnen nachgewiesen ist.) Wenn also gerade an dieser Stelle das fiktive Moment einsetzt, so wird das den Physiker schon rein-gefühlsmäßig nicht sonderlich erfreuen, und er wird sich lieber mit R. MAYER bescheiden und seine Aufgabe darin sehen, „die Erscheinungen kennen zu lernen, bevor er nach Erklärungen sucht, oder nach höheren Ursachen fragt. Ist einmal eine Tatsache nach allen ihren Seiten hin bekannt, so ist sie eben damit erklärt und die Aufgabe der Wissenschaft ist beendet“.

3. Der Fiktionalismus steht im Gegensatz zum Realismus, den weite Kreise der Physiker für richtig halten. Der Behauptung VAHNINGERS, daß das Atom eine Fiktion sei, steht die PLANCKS gegenüber („Die Einheit des physikalischen Weltbildes“, Leipzig 1909, S. 33/34): „Die Atome, so wenig wir von ihren näheren Eigenschaften wissen, sind nicht mehr und nicht minder real als die Himmelskörper oder als die uns umgebenden irdischen Objekte“. Alle erhalten erst aus dem System heraus ihre Realität. — Der Glaube, daß jeder Schritt vorwärts in der Forschung ein Schritt vorwärts ist in der Erkenntnis einer vorhandenen Wirklichkeit, ist eine Grundannahme der meisten Physiker (vgl. F. POSKE, ds. Zeitschr. Bd. XXV, 1912, S. 1), eine Annahme, die Hypothesen gebraucht, aber auf erklärende Fiktionen verzichtet wird.

Mit diesen Einwänden des Physikers sei es genug. Auch von erkenntnistheoretisch-systema-

tischer Seite sind welche gemacht worden. Ich verweise hier nur auf die beiden Bücher von A. LIEBERT, „Das Problem der Geltung“, Leipzig 1920, und „Wie ist kritische Philosophie überhaupt möglich?“ Leipzig 1919.

Nach alledem bleibt nur noch die Frage, was der Fiktionalismus für den Unterricht bedeuten kann. Den Schwesterbegriff der Hypothese hat F. POSKE in der oben zitierten Arbeit behandelt. Vieles läßt sich davon auf die Fiktion übertragen, vor allem auf die drei Arten der heuristischen, illustrierenden und verknüpfenden Fiktionen. Man wird diese selbst in der Unterstufe nicht missen wollen. Man wird die Fluidatheorien heranziehen, um die Anziehung und Abstoßung des Coulombschen Gesetzes zu illustrieren; man wird in der Oberstufe zeigen, wie die mathematisch definierten Kraftlinien Faradays heuristisch von großem Wert sind, um z. B. die hohe Ladungsdichte an Spitzen, die geringe in Einstülpungen zu finden; man wird auf den Wandel hinweisen, den die Auffassung von den Kraftlinien erfahren hat, als Maxwell aus ihnen elastische Schnüre machte. Hier arbeitet der Illustrator. „Das Band kettet im allerengsten Raum des neutralen Körpers positive an negative Ladung; beim Elektrisieren wird es in die Länge gezerzt; seine Elastizität zerzt es zurück; alle Kraftlinien also streben sich zu verkürzen, damit aber sich zu verbreitern; darum stoßen sie einander senkrecht zu ihrem Verlaufe ab“ (Sch. S. 58/59). Mit diesen Schnüren sieht man ordentlich, wie gleichnamige Ladungen sich abstoßen, ungleichnamige sich anziehen! Vieles läßt sich so verständlich machen, wenn man auch nicht so weit gehen wird, wie die Engländer (Maxwell, Lodge u. a.), die schließlich das ganze Feld mit Maschinerien von kompliziertem Bau erfüllen. — Bei der Lehre vom Strom muß man immer wieder auf Analogien aus der Hydromechanik hinweisen. Arbeiten wir nicht alle mit dem Bilde eines Transports, um die Verhältnisse zu illustrieren? — Auch den Maxwellschen Verschiebungsstrom wird man einführen können, sei es auch nur, um durch seine Gleichsetzung mit dem Leitungsstrom die Möglichkeit zu haben, das Licht als elektromagnetische Schwingung darzustellen: eine verknüpfende Fiktion, die heuristisch sofort auf den Zeeman- und Stark-Effekt führt.

4. Unterricht und Methode.

Der Physikunterricht in der Volksschule hat lange daran gekrankt, daß er sich allzu nahe an den Unterricht der höheren Schule anschloß, während diese wiederum, namentlich auf dem Gebiet der Schülerübungen sich die Hochschule zum Muster nahm. Ganz neue Bahnen schlägt

Genug der Beispiele. Diese Fiktionen beleben, erläutern, regen an, durchsetzen das System der Beziehungen, die das Wesentliche ausmachen, aber zu abstrakt sind, um dem Schüler zu genügen. Diese Fiktionen werden nicht zu vermeiden sein.

Es bleiben nun noch zwei Fragen: 1. Soll auch die „erklärende“ Fiktion verwandt werden? und 2. Ist es richtig und notwendig, den Begriff der Fiktion als solchen einzuführen und von der Hypothese zu unterscheiden?

Nach dem oben Gesagten ist die erste Frage wohl mit nein zu beantworten. Der praktische und theoretische Nutzen dürfte im Verhältnis zu der aufzuwendenden Zeit in keinem Verhältnis stehen. Will man die Architektonik, so kann man sie in den Beziehungen suchen und wird sie reichlich finden, vor allem ohne die Einschränkung, daß die Systematik auf Kosten der Wirklichkeit erzielt wurde.

Die zweite Frage ist eine Frage der logischen Strenge. Viele Generationen haben ohne die Unterscheidung von Fiktion und Hypothese Physik getrieben. Die genaue Analyse fordert ihre Trennung. In einer Zeit, wo philosophische Durchdringung der Einzelfächer gefordert wird, kann man der logischen Forderung vielleicht nachgeben, wenn man sich auch nicht verhehlen darf, daß die theoretische Scheidung der beiden Begriffe einfach, die praktische aber oft sehr schwierig ist (vgl. VAHNINGER S. 604).

Aber abgesehen davon dürfte es immer reizvoll und für den Schüler auch von Interesse sein, wenn ihm einmal gelegentlich die eigentümliche Tatsache vor Augen geführt wird, daß es Gedankengebilde gibt, die in sich widersprechend, wirklichkeitsfremd sind und doch zu Resultaten führen, die mit der Wirklichkeit übereinstimmen: „Listen“ und „Kniffe“ der menschlichen Vernunft! Will man dann aber weiter auch noch auf die Gültigkeit dieser Fiktionen, auf ihren Erkenntniswert eingehen, so wird man letzte Fragen der Philosophie nicht mehr vermeiden können. Das Wahrheits- und das Wirklichkeitsproblem tauchen hier auf.

Das sind Ideen, Anregungen. Ob die Praxis für sie Zeit haben wird, ist eine große Frage, — ob man sie dem Schüler zutrauen darf — eine zweite, nicht minder große. Sellien.

der Verfasser eines soeben erschienenen kleinen Buches¹⁾, Rektor ERNST HAASE ein. Er will den

¹⁾ Physik des Spielzeugs von Ernst Haase. 141 S. Leipzig, Quelle und Meyer, 1921. M. 9,—, geb. M. 12,—.

Anfangsunterricht in den Mittelklassen nicht auf Experimente an physikalischen Apparaten, auch nicht auf die Selbstanfertigung solcher Apparate gründen, sondern auf das, was den Kindern unmittelbar am nächsten liegt, auf die Erfahrungen des täglichen Lebens und auf die mannigfachen am Spielzeug zu beobachtenden Erscheinungen. Das Ziel des Unterrichts sei nicht Apparatenkunde, sondern die Fähigkeit, die Vorgänge des Alltagslebens physikalisch zu durchdenken. Wie hierzu auch das Spielzeug des Kindes ausgenutzt werden kann, soll die vorliegende Schrift dartun. Es handelt sich dabei um einen Vorkursus der Physik, einen Lehrgang für Anfänger, der etwa im 5. Schuljahr erledigt werden soll. Nach einjähriger Pause folgt dann in den beiden letzten Schuljahren der eigentliche „systematische“ Physikunterricht. Der Vorkursus soll völlig unsystematisch sein. Gemäß dem Arbeitsschulgedanken sind alle Kinder gleichzeitig mit ihrem Spielzeug in der Lehrstunde selbst zu beschäftigen, damit die Beobachtungen mit sinnlicher Frische und unter Anwendung aller Sinnestätigkeiten ins Bewußtsein der Kinder treten. Dabei soll der Blick vor allem auf ursächliche Zusammenhänge gerichtet werden, und es sollen zahlreiche Versuche in abgeänderter Form angestellt werden, ehe man die allgemeine Regel in Worte fassen läßt. Auch bei kleinen Schritten im Denken sei die geistige Arbeitsleistung des Kindes bedeutend größer, als sie uns Erwachsenen erscheint. Ist eine Anzahl von Erfahrungen gesammelt, so zeigen sich Ähnlichkeiten und Zusammenhänge, die zu einer Gruppierung des erarbeiteten Wissens führen. So entsteht der Unterbau für das Gedankengebäude, das der spätere systematische Unterricht auf der Oberstufe errichten soll.

Prüft man nun, wie alle diese Absichten an etwa 25 vom Verfasser näher behandelten Spielzeugen verwirklicht werden, so findet sich freilich vielfach Gelingenes und Mißlungenes dicht beieinander. Gegenstände, wie die Banklötchen, die auf dem Luftstrom tanzende Erbse, die Schaukel, das Reifenspiel, der Ball geben zu lehrreichen, vom Kinde selbst anzustellenden Betrachtungen Anlaß. Aber andererseits entgeht der Verfasser der Gefahr nicht, Erklärungen dogmatisch mitzuteilen, für die der Anschauungskreis des Kindes noch nicht genügend ausgebildet ist. So ist die Behandlung der Knallbüchse nicht einwandfrei. Daß die gewöhnlich der Anschauung passiv erscheinende Luft in einen luftverdünnten Raum einströmt, läßt sich vom Kinde aus begreifen; daß sie aber auf den zurückgezogenen Kolben, der an einen luftverdünnten Raum angrenzt, einen Druck ausübt, wird dem Kinde suggeriert und läßt sich ebenso wie die Spannkraft der Luft nicht ohne besondere Versuche deutlich machen.

Man braucht bloß daran zu denken, daß Otto von Guericke noch schwer von dem Gedanken loskam, die Luft sinke einfach beim Herausziehen des Kolbens aus dem Rezipienten in den darunter befindlichen Stiefel der Luftpumpe. Hier verfällt der Verfasser in das von ihm selbst verworfene Verfahren der bloßen Übermittlung physikalischen Lehrstoffs. Ähnlich ist es mit der Erklärung des Zustandekommens der Töne in den Musikinstrumenten, namentlich in der Lochpfeife. Hier wird der Begriff der Luftschwingungen völlig dogmatisch an die Erscheinung herangebracht. Ganz und gar abzulehnen ist der Versuch, die Farben der Seifenblasen aus der Wellentheorie des Lichtes zu erklären; dies dürfte selbst auf der Oberstufe der Volksschule noch Schwierigkeiten machen, wenn nicht durch geeignete Interferenzversuche der Boden für das Verständnis geschaffen werden kann. Auch die Auswertung des Drachens und des Kreisels geht über die Grenzen des Vorkursus hinaus. Überhaupt sind Spielzeuge in physikalischer und technischer Hinsicht meist nicht einfach und geben selbst Schülern der Oberklassen höherer Schulen noch harte Nüsse zu knacken auf. (Eine Sammlung von interessanten Spielzeugen dieser Art haben seit langen Jahren der hochverdiente Bernhard Schwalbe und seine Nachfolger im Dorotheenstädt. R.-G. zu Berlin zusammengebracht und im Unterricht benutzt.) Der gesunde, vom Verfasser vertretene Gedanke wird also noch weiterer sorgfältiger Bearbeitung bedürfen, ehe er zu einwandfreier Verwirklichung gelangen kann.

Recht beachtenswert sind die Bemerkungen des Verfassers über den Physikunterricht auf der Oberstufe (13. und 14. Lebensjahr). Als Ziel stellt er hier die Kenntnis der Naturkräfte und der Maschinen und Apparate hin, die auf deren Anwendung beruhen, so weit sie im praktischen Leben Verwendung finden. Er empfiehlt für den ersteren Zweck besonders die Freihandversuche, die von allen Schülern gleichzeitig anzustellen sind und für alle eine Anregung zum eigenen Durchdenken und zur Lösung physikalischer Probleme werden sollen. Dies wird an Versuchen über die Zurückwerfung des Lichtes und über die magnetischen Grunderscheinungen erläutert; besonders hingewiesen wird auf die „hundert einfachen Versuche zur Ableitung elektrischer Grundgesetze“ von Fr. Busch (*ds. Zeitschr.* X, 247). Auch Selbstanfertigung von Apparaten wird für diesen Zweck befürwortet (im übrigen aber abgelehnt). Für außerordentlich wichtig erklärt der Verfasser die Denkaufgabe. Er sagt mit Recht, das Kind muß lernen, sich über das Alltägliche zu wundern. Die Denkfrage muß dann so gestellt werden, daß die Kinder zu Lösungsversuchen angereizt werden. Als solche

Denkfragen behandelt der Verfasser die Sichtbarkeit durchsichtiger Körper, die rote Färbung eines Kleides. Im letzteren Fall wird aber sicher nicht ohne einen Demonstrationsversuch über prismatische Farbenzerlegung auszukommen sein. Die Lösung einer physikalischen Denkaufgabe ist eben nur auf Grund ausreichender physikalischer Kenntnisse ausführbar. Bloßes Denken führt nur zu mehr oder minder phantastischen Möglichkeiten. Der Verfasser läßt denn auch den „Versuch vor der Klasse“ gelten. Dieser sei dazu bestimmt, eine Erscheinung in größter Reinheit und größter Deutlichkeit zu zeigen oder auch stärkere Wirkungen vorzuführen, als sie der Freihandversuch gestattet. Die Vorführung blendender Erscheinungen innerhalb des Unterrichts jedoch verwirft der Verfasser und will lieber ab und zu einmal einen Experimentalvortrag außerhalb des Rahmens des eigentlichen Physikunterrichts gehalten wissen.

Beachtenswerte Worte sagt der Verfasser auch über die physikalischen Gesetze. Es sei damit mehr oder minder die Täuschung verbunden, als ob das Kind mit dem Wortlaut des Gesetzes auch die Sache in seelischem Besitz habe. Das Kind stehe abstrakten Gedanken und Sätzen ganz anders gegenüber, als der Erwachsene, es bleibe mit seinem ganzen Denken im Konkreten stecken. Ein Satz wie dieser: „Auf der schiefen Ebene herrscht Gleichgewicht, wenn die Kraft so oft in der Last enthalten ist, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge“ zeige bei genauerer

Zergliederung, wieviel Abstraktion darin enthalten ist. Der Verfasser wirft die Frage auf, wie sich denn im Kopf eines intelligenten Naturmenschen das Gesetz gestalten würde, wenn keine Schule mitwirkte, und zeigt, wie lang der Weg sein kann, ehe die abstrakte Formulierung gefunden oder auch nur begriffen wird. Ich stehe nicht an, diese Betrachtung als eine der wertvollsten des Buches zu bezeichnen. Sie gibt uns auch für die Unterstufe an höheren Schulen einen beherzigenswerten Wink dafür, daß wir uns mit unserer Lehrbuchphysik mindestens teilweise auf falschem Wege befinden; namentlich wo zu streng nach dem Lehrbuch unterrichtet wird, dürfte nicht selten den Schülern der Gegenstand verleidet und das natürliche Interesse daran erstickt werden. Wir dürfen uns darüber nicht täuschen, daß die neue Zeit auch an uns Physiklehrer neue Anforderungen stellt. Die immer allgemeinere Forderung, Schülerübungen auch auf der Unterstufe einzurichten, zeigt, daß das Gefühl für die Notwendigkeit eines auf Selbsttätigkeit gerichteten Betriebes auch bei uns lebendig ist. Aber die Übungen allein tun es auch nicht, sie können gerade so stumpfsinnig sein, wie das geistlose Durchnehmen eines Lehrbuchtextes. Auf den Geist des Unterrichts kommt es an; es bedarf lebendiger Menschen, die den Unterrichtsstoff mit Leben erfüllen und ihn zum lebendigen Besitztum der Schüler zu machen verstehen. Als eine Anregung hierzu heißen wir auch das vorliegende Schriftchen willkommen. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Die Erzeugung hoher Gleichspannungen.
Von Dr. J. WEISS in Freiburg. Die Erzeugung hoher Gleichspannungen ist ein oft versuchtes Problem. Zu dessen Lösung wurden ganz verschiedene Wege eingeschlagen, je nach der Höhe und Konstanz der zu erzielenden Spannung und nach der Größe der dabei zu entnehmenden Elektrizitätsmengen.

Brauchen die verfügbaren Elektrizitätsmengen nur äußerst gering zu sein, so leisten Zambonische Säulen gute Dienste; man verwendet sie daher gern zum Laden von Elektrometern. Die Spannung hängt dabei ab von dem Druck, mit dem die Papierscheibchen zusammengepreßt werden, kann aber auch durch Unterteilen variiert werden. Demselben Zweck dienen Wasserbatterien. Soll die Gleichspannungsquelle zugleich größere Elektrizitätsmengen liefern, so greift man häufig zu Hochspannungsakkumulatorenbatterien; ihr Nachteil ist die erforderliche ständige Wartung und die Schwierigkeit einer ausreichenden Isolation (Säuredämpfe). Die Leistung beträgt gewöhnlich einige Milliampere. Bei allen diesen Vorrichtungen sind Kurzschlüsse auch durch schlechte

Leiter peinlich zu vermeiden; unangenehm ist, daß sie immer unter Spannung stehen.

Mit Hochspannungsdynamomaschinen erreicht man 5000 Volt. Man erhält so je nach der Größe der Maschine Ströme in der Größenordnung von 1 Amp. bei guter Konstanz der Klemmenspannung; Maschinen von geringerer Wattzahl wurden im Felde für „drahtlose“ Stationen viel verwendet. Es treten aber leicht Kurzschlüsse im Anker ein, welche hohe Reparaturkosten verursachen; auch die Anschaffungskosten sind beträchtlich.

Eine andere Art von Quellen für hohe Gleichspannungen bilden die Influenzmaschinen. Die selbsterregenden sind nie ganz zuverlässig, sondern vom Wetter abhängig. Von Nachteil ist das manchmal sogar während des Betriebes vorkommende Wechseln der Pole. Die Starkstrominfluenzmaschinen (Kondensatormaschinen) liefern Ströme bis zu 10^{-3} Amp. Die erzielte Spannung beträgt bis etwa 50000 Volt, ist aber nur annähernd konstant. Hilfsmittel zur Konstanthaltung sind größere Leidener Flaschen, sowie große Widerstände (Flüssigkeitswiderstände). Die Regulierung der Spannung kann durch eine parallel

geschaltete, aus Spitze und gegenüberstehender Platte gebildete Funkenstrecke geschehen.

Wieder eine andere Methode beruht auf der Kapazitätsänderung eines Systems geladener Konduktoren. Ein solcher Spannungsverstärker wurde u. a. von Hallwachs (Annalen) angegeben und diente zur Messung kleiner Spannungen mittels Elektrometern, die für direkte Messung zu un-

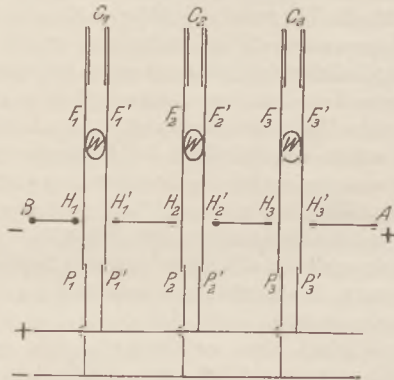


Fig. 1.

empfindlich sind. Ein Kondensator größerer Kapazität wird auf die zu messende Spannung geladen und hierauf die Kapazität des Kondensators verringert, wodurch die Spannung steigt. In derselben Weise verfährt man ja häufig, wenn man den sogenannten Voltaschen Fundamentalversuch oder die Spannung eines galvanischen Elementes zeigen will. Zur Vermeidung von Kontaktpotentialdifferenzen, welche mitverstärkt werden, fertigt man die betreffenden Apparateile aus gleichartigem Material (Vergoldung!). Während bei diesen Vorrichtungen nur ein Kondensator variabler Kapazität verwendet wird, kann man auch mehrere parallel geschaltete Kondensatoren $C_1 C_2 C_3 \dots$ laden und hierauf hintereinander schalten. Für geringere Leistungen kann die Schaltung durch Federn $F_1 F_1' F_2 F_2'$ in Verbindung mit einer drehbaren, isolierten Walze W von elliptischem Querschnitt geschehen, auf welcher die Federn schleifen. Die Ladung geschieht mittels der Kontakte $P_1 P_1' P_2 P_2'$ etwa aus der Lichtleitung, falls diese Gleichstrom führt. Denkt man sich die Walze W (in der Figur sind drei Querschnitte gezeichnet) um 90° gedreht, so ist die Ladeleitung abgeschaltet und es tritt Kontakt bei $H_1 H_1' H_2 H_2'$ etc. ein, wodurch die Kondensatoren hintereinander geschaltet sind. Wenn man n gleiche Kondensatoren benützt und die zum Laden verwendete Spannung φ ist, so erhält man die Spannung $n \cdot \varphi$ zwischen

A und B . Die Walze darf nicht zu rasch umlaufen, weil sonst die Federn in Eigenschwingung geraten, wodurch die Kontakte leiden; auch werden letztere bei stärkerer Beanspruchung durch Funkenbildung stark abgenützt (Platinkontakte zu teuer!); als Ersatz für Wasserbatterien leistet die Anordnung in Verbindung mit einer bei A und B angeschlossenen Leidener Flasche jedoch gute Dienste und man erreicht leicht Spannungen von einigen 1000 Volt. Für größere Stromstärken (mehrere Milliampere) und Spannungen bis 10000 Volt wurde vom Ref. ein rotierender Umschalter konstruiert, bei dem Federn mit immer gleichem Druck auf einer runden rotierenden Walze schleifen. Die Erzeugung der Spannung geschieht dabei von 220 Volt ausgehend in zwei Stufen: Erst werden 2000 Volt erzeugt und von da aus 10000 Volt. Die entnehmbare Stromstärke und Konstanz der Spannung hängt natürlich ab von der Kapazität der verwendeten Kondensatoren; die Spannung läßt sich gut unterteilen. Auch hier bereitet die Isolation desto größere Schwierigkeiten, je höher die zu erzeugende Spannung ist; über 10000 Volt machen sich Verluste durch Ausstrahlung stark geltend. Ein Apparat für Spannungen bis 40000 Volt ist in Ausführung begriffen.

Schließlich gibt es noch eine Anzahl Methoden, welche auf der Verwendung von Wechselstrom beruhen. So wird für viele Zwecke Wechselstrom auf hohe Spannung hinauftransformiert und diese durch einen auf der Achse eines Synchronmotors sitzenden rotierenden mechanischen Schalter in Gleichspannung verwandelt. Statt eines mechani-

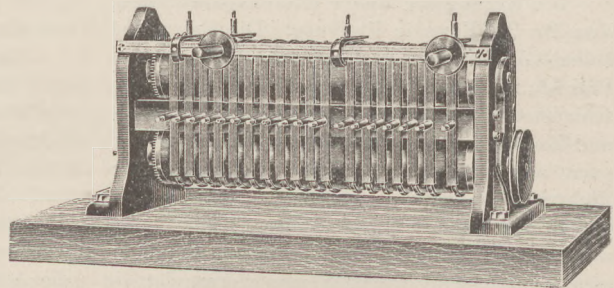


Fig. 2.

schen Gleichrichters lassen sich natürlich auch elektrische Ventile verwenden, deren einfachstes bekanntlich aus einer oder mehreren Spitzen besteht, die einer Platte gegenüberstehen. Vorzüglich geeignet sind die Ventilröhren; man sollte sie vor jede gute Röntgenröhre vorschalten, die man mit einem Induktor betreibt. Ventilröhren zur Erzeugung einer Gleichspannung von 1000 bis 4000 Volt hat die Akkumulatorenaktiengesellschaft Berlin konstruiert, es sind Oxyd-kathodenröhren. Für stärkere Ströme (bis 10 Kilo-

watt) leisten die Quecksilberdampfgleichrichter der A.E.G. gute Dienste. (Zur Gleichrichtung von gewöhnlichem Wechselstrom bringt die A.E.G. auch für Schulen empfehlenswerte Quecksilberdampfgleichrichter in den Handel.)

Steht kein Transformator zur Verfügung, so

kann man, von einem Wechselstrom niedriger Spannung ausgehend, trotzdem zu hohen Gleichspannungen gelangen (nach einem von SCHENKEL in E. T. Z. 1919, Nr. 28 angegebenen umständlichen Verfahren, auf das hier nicht näher eingegangen werden kann).

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand. Eine naturphilosophische Untersuchung. Von W. KÖHLER. 2+3 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1920. M. 26,—.

Unter physischen „Gestalten“ versteht der Verfasser geschlossene Systeme, in denen die Beschaffenheit jedes Teils durch sämtliche übrigen bedingt ist, so daß es unmöglich ist, die Eigenschaften des Ganzen aus denen der Teile abzuleiten. Als Beispiel kann die elektrostatische Verteilung einer Ladung auf einem beliebig geformten Leitersystem dienen. Diesen Gedanken verfolgt der Verfasser zunächst auf dem physikalischen Gebiet, wobei schon eine Menge erkenntnistheoretischer Bemerkungen eingeflochten werden. Dann zeigt er in einer sehr klaren Darstellung, wie das Gestaltsprinzip notwendig dazu führt, weder die Welt als eine bloße „Undverbindung“ ihrer Teile aufzufassen, noch sich mit der vagen Allgemeinheit zu begnügen, daß alles mit allem zusammenhängt, sondern eben einzelne Weltindividuen (wenn dem Referenten dieser Ausdruck erlaubt ist) der Betrachtung zu unterwerfen. Er stimmt in diesen Ergebnissen mit Zillsels trefflichen Ausführungen („Das Anwendungsproblem“ s. ds. *Zeit.-chr.* 1916, S. 168) überein („Man darf vernachlässigen und weiß doch etwas“). Zum Schluß zeigt der Verfasser, daß das psychophysische Problem auf diese Weise zwar nicht gelöst, aber doch um eine Stufe zurückgeschoben wird, weil jetzt nicht mehr psychische Gestaltung mit ungestalteter chaotischer Molekularbewegung od. dgl., sondern mit selbst schon gestaltetem Physischen zu vergleichen ist. Allen Freunden kritisch-realistischer Erkenntnistheorie kann die tiefgründige Schrift, die mehr enthält, als sie beim ersten Anblick verspricht, warm empfohlen werden. Durch etwas größere Kürze würde sie freilich m. E. gewonnen haben. *Bk.*

Die Referenzflächen des Himmels und der Gestirne. Von Dr. A. MÜLLER. 162 S. „Die Wissenschaft“ Bd. 62. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1918. Geh. M. 5,60, geb. M. 7,60 + T.-Z.

Unter der Referenzfläche des Himmelsgewölbes bzw. der Gestirne versteht man die schein-

bare Gestalt dieser Gebilde, so wie wir sie sehen, nicht wie sie wirklich (d. h. mit Instrumenten gemessen) sind. Bekanntlich ist das Himmelsgewölbe für uns eine flache Kappe einer Rotationsfläche, nicht etwa eine Halbkugel. Eben dahin gehören Erscheinungen, wie die bekannte, daß die Sonne und der Mond am Horizont viel größer aussehen. Der Verf. hat sich der sehr dankenswerten Arbeit unterzogen, erstmalig das gesamte über diese Fragen bisher beigebrachte Material zu sammeln und kritisch zu verarbeiten. Sowohl die physikalischen, wie die psychologischen Faktoren sind hier vollständig, soweit bisher bekannt, berücksichtigt. Das Buch ist eine sehr verdienstvolle Arbeit, grundlegend für jeden, der sich mit diesen Dingen näher befassen will. *Bk.*

Zur Elementaranalyse der Relativitätstheorie. Von C. ISENKRAHE. 133 S. Braunschweig, Sammlung Vieweg, 1921. M. 6,— + T.-Z.

Der rühmlichst bekannte Kritiker des Entropiegesetzes gibt hier in einer nicht immer leicht verständlichen, aber doch überzeugend klaren Darstellung eine gründliche philosophische Analyse aller der Begriffe und Voraussetzungen, die auch in der modernen physikalischen Axiomatik, wie sie besonders Hilbert und Weyl im Anschluß an Einstein begründet haben, noch als selbstverständlich vorausgesetzt werden. Fragen wie die, was ein „Augenblick“, was „Ort“, was „Materie“ usw. ist, werden hier in die Form scharfsinnig gestellter Alternativen gefaßt, ebenso aber auch die eigentlich entscheidenden Fragen der Relativtheorie nach der Bedeutung der „Gleichzeitigkeit“ usw. Wer tiefer in die axiomatischen Grundlagen der heutigen Physik eindringen will, findet hier reiche Anregung und Aufklärung. Besonders wohltuend wirkt die völlige Objektivität der Darstellung. Nur an ganz seltenen Bemerkungen erkennt man, daß der Verfasser wohl selber starke kritische Bedenken gegen die Relativitätstheorie in ihrer heutigen Form hegt. *Bk.*

Was kann man ohne Mathematik von der Relativitätstheorie verstehen? Von Dr. P. KIRCHBERGER. Mit einem Geleitwort von M. v. Laue. 2. Aufl. 88 S. Karlsruhe, C. F. Müller, 1921. M. 8,—.

Unter den wie Pilze aus der Erde schießen-

den populären Darstellungen der Relativitätstheorie verdient m. E. diese Schrift einen der ersten, wenn nicht den ersten Platz. Obwohl der Verf. alle Formeln vermeidet, gelingt es ihm doch, die eigentlichen Kernpunkte der speziellen und einige der wesentlichsten Ergebnisse der allgemeinen Relativitätstheorie in wissenschaftlich durchaus einwandfreier Weise, dabei aber in einer sehr leicht verständlichen Darstellung klar zu machen. Verzichtet hat er allerdings auf den Zusammenhang mit der Riemannschen Geometrie und damit auf den erkenntnistheoretisch wesentlichsten Punkt, die Union von Zeit, Raum und Materie. Aber das soll kein Tadel sein. Der Verf. erklärt, es sei ihm persönlich unverständlich, daß manche hervorragenden Physiker die Relativitätstheorie zwar annehmen, die Machsche Erkenntnistheorie aber ablehnen. Dies ist der einzige Satz, gegen den Ref. Bedenken hat.

Bk.

Der Aufbau der Materie. Von M. BORN. 80 S. Berlin, J. Springer, 1920. M. 8,60.

Drei Aufsätze über moderne Atomistik, die zuerst in den „Naturwissenschaften“ 1919 erschienen sind. Der erste behandelt „das Atom“, es werden darin die wichtigsten neueren Ergebnisse von Rutherford, Wilson, v. Laue, Moseley, Planck-Bohr, Sommerfeld, Kossel u. a. vorgeführt. Im zweiten „vom mechanischen Äther zur elektrischen Materie“ und im dritten „die Brücke zwischen Physik und Chemie“ behandelt BORN hauptsächlich Gegenstände, an denen er selbst als erfolgreicher Forscher beteiligt ist, die Zusammenhänge zwischen den elastischen Eigenschaften der Kristallgitter einerseits und ihren optischen Eigenschwingungen, Lösungswärmen u. dgl. andererseits. Während der erste Aufsatz eine hübsche, allgemein verständliche Einführung für jedermann bietet, werden die beiden anderen auch dem willkommen sein, der über die Grundlagen der neueren Atomlehre bereits im klaren ist, aber ein kurzes, leicht verständliches Referat über diese wichtigen besonderen Ergebnisse wünscht.

Bk.

Die Farbenlehre im Hinblick auf Kunst und Kunstgewerbe. Von Dr. WILHELM V. BEZOLD. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet und ergänzt von Prof. Dr. W. SEITZ. XX u. 196 S. 60 Fig., 12 z. T. farbige Tafeln. Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1921. Geh. M. 35,-.

Die erste Auflage dieses Buches erschien vor mehr als 45 Jahren. In dieser Zeit hat die Farbenlehre sich nicht nur wesentlich weiter entwickelt, sondern auch zweimal eine Umgestaltung von Grund aus erfahren. Zuerst durch Hering, der die Farbenempfindung auf paarweise sich entsprechende Vorgänge in der Netzhaut zurückführte, dann durch Ostwald, der an den Farb-

stoffen den Gehalt an Weiß, Schwarz und Farbigkeit zu messen lehrte und den Farbkörper schuf, in dem jeder mögliche Farbton seinen genau angebbaren Platz findet. Es ist erstaunlich, daß trotz dieser Wandlungen die Darstellung WILHELM VON BEZOLDS heute noch zur Grundlage einer zweiten Auflage genommen werden konnte. Nur eines von den fünf Kapiteln mußte von Grund aus umgestaltet werden, in einem genügte die Änderung mehrerer Abschnitte, bei den drei übrigen konnte mit ergänzenden Zusätzen hinreichend nachgeholfen werden. Zu bewundern ist aber auch die Gewandtheit des Herausgebers, der es verstanden hat mit verhältnismäßig so geringen Eingriffen es dahin zu bringen, daß das Buch an keiner Stelle veraltet anmutet und der seine Zusätze und Umarbeitungen so geformt hat, daß kein störender Wechsel von Form und Ausdruck den Genuß des Buches beeinträchtigt.

Die physikalischen und physiologischen Grundlagen des Farbensehens werden im ersten Kapitel, die Farbstoffe und was damit zusammenhängt, im zweiten, die Farbmischung und das Farbensystem im dritten, die Kontrastercheinungen im vierten Kapitel eingehend und höchst anschaulich behandelt. Das fünfte Kapitel bringt die Anwendungen dieser Erkenntnisse auf die Ornamentik und Malerei.

Es ist nicht möglich in dem engen Rahmen einer Besprechung dem reichen Inhalt des Buches gleichmäßig nachzugehen. So sei denn nur eine Stelle herausgehoben, die geeignet erscheint Anregung zu weiteren klärenden Studien zu geben. In Ostwalds Farbenkreis nimmt das Grün einen auffallend breiten Raum ein. In der Farbenlehre Bd. 2, S. 116 gibt Ostwald seinem Erstaunen darüber lebhaften Ausdruck. In Fig. 40 des vorliegenden Buches wird der Ostwaldschen Einteilung des Farbenkreises, die übrigens als physiologisch richtig anerkannt wird, eine andere an die Seite gestellt, in der unser Urteil über die Verschiedenheit der Farben die Abgrenzungen liefert. Die 12 Teile sind von verschiedener Größe, das Grün umfaßt ein Achtel des Kreises, Purpur kaum halb so viel. Es wird behauptet, daß diese Gruppeneinteilung über das Zusammenstimmen der Farben bessere Auskunft gibt als die Ostwaldsche, insbesondere, daß die besten Farbenpaare nicht die Gegenfarben sind, die in Ostwalds Bezeichnung sich um 50 unterscheiden, sondern die Felder der neuen Einteilung, die nach links und rechts je 5 Felder zwischen sich lassen. Diese sind nur im Fall Grün-Purpur Gegenfarben, dagegen im Fall Orange-Ultramarin um ein volles Zehntel des Kreises davon entfernt. Es ist wohl möglich, daß neben der physikalischen Einteilung nach Wellenlängen und neben der physiologi-

schen, die Ostwald mit Hilfe der Mischungsregel berichtigt hat, noch eine psychologische ihre Berechtigung hat, die unserm Urteil über die Verschiedenheit der Färbung gerecht wird. Es wird nun darauf ankommen festzustellen, ob verschiedene Beurteiler zu wesentlich übereinstimmender Wertung der Farben gelangen und wie genau die Einteilung festgelegt werden kann.

Ein störender Druckfehler ist auf Seite 90 stehen geblieben (blaues statt blasses Schwefelgelb). Sachlich ist eine Stelle (S. 81–82) nicht in Ordnung. Hier wird die Mischungsregel an einer Kreisfläche erläutert, in welche Farbtöne nach dem Unterschied ihres Gehaltes an Weiß, Schwarz und reiner Farbe verteilt sind. Dann aber wird durch die Bezugnahme auf Tafel 3 dieser Kreis verwechselt mit einem aus dem Ostwaldschen Farbkörper. In diesem aber geschieht die Verteilung nicht nach dem Unterschied, sondern nach dem Verhältnis der Anteile; die Radien sind nicht in gewöhnlicher Weise, sondern dem Fechnerschen Gesetz gemäß logarithmisch geteilt. Daher ist auch der Mittelpunkt des Farbkörpers nicht ein Grau aus 50 Teilen Weiß und 50 Teilen Schwarz, wie S. 82 herauskommt, sondern theoretisch ist der Mittelpunkt gar nicht angebar, weil das völlige Schwarz ins Unendliche rückt. Praktisch aber ist, weil bei hohem Schwarzgehalt das Fechnersche Gesetz seine Geltung verliert, ein Grau von etwa 20 Teilen Weiß und 80 Teilen Schwarz als Mitte des Farbkörpers anzusprechen.

Dem Maler dürfte das Buch reiche Anregung und wohl auch unmittelbare Hilfe gewähren. Weil aber Bilder nicht nur richtig gemacht, sondern auch richtig betrachtet werden wollen, ist der Kreis schier unbegrenzt, an den das Buch sich wendet. Ganz besonders sei es denen empfohlen, deren Beruf es ist, die Jugend sehen und beobachten zu lehren. Sie werden für den Inhalt des Buches und für die gefällige, anschauliche Darstellung dem Verfasser und dem Herausgeber dankbar sein. *W. Vn.*

Das Handfertigkeitspraktikum. Ein Hilfsbuch für den Handfertigkeitsunterricht an höheren Lehranstalten und zum Selbstunterricht. Von Dr. A. WEHNELT, o. Professor der Physik an der Universität Berlin. Mit 384 Abbildungen. XII und 138 S. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn, 1920. M. 10,—, in Halbleinen M. 13,—.

WEHNELT ist ein hervorragender Meister auf dem Gebiete der physikalischen Handfertigkeitsarten, und es ist daher freudig und dankbar zu begrüßen, daß er nun selber ein Werkchen geschrieben hat, das als Hilfs- und Nachschlagebuch beim wirklichen Arbeiten dienen kann. Das Buch wendet sich in erster Reihe an die

Studenten der Physik, die später als Dozenten an Universitäten oder als Lehrer an höhern Schulen mit selbständigen Arbeiten beschäftigt sind oder den physikalischen Unterricht zu leiten haben. Der Lehrgang in den Handfertigkeitsarten will den Studenten die unbedingt notwendigen Kenntnisse der Werkstoffe verschaffen, die bei Versuchsarbeiten vorkommen und deren Behandlungsweise lehren, damit sie lernen, die Schwierigkeiten zu überwinden, die beim Ausführen der Versuche eintreten, und nicht gezwungen sind, sich wegen jeder Kleinigkeit an die Handwerker zu wenden.

Das Buch beginnt mit einer sehr dankenswerten kurzen Übersicht über den Lehrgang der Übungen, die WEHNELT vor neun Jahren am physikalischen Institut der Universität Berlin eingeführt hat. Dann behandelt er die Einrichtungen der Werkstatt, die Papparbeiten, die Bearbeitungen des Holzes, der Metalle und des Glases und schließlich die Lichtbildkunst.

Alles ist einfach und klar dargestellt, in ganz schlichter Sprache, kein Wort zu viel und keins zu wenig; alles hat WEHNELT selber gemacht und oft von seinen Studenten erproben lassen. Durch diese Wiedergabe eigener Erfahrungen fesselt das Buch ungemein den Physiker, der selber bereits die größten Handgriffe erlernt hat. Daher wird es in Zukunft neben dem großen Kohlrausch als Nachschlagebuch in keiner Handbücherei einer physikalischen Werkstatt fehlen; und es wird sicher einen kräftigen Aufschwung des Handfertigkeitsunterrichts an den Hochschulen und an den höhern Schulen anbahnen. *Hahn.*

Handfertigkeitskniffe im Laboratorium. Technische Winke für Unterricht und Praxis. Von REINHOLD THEMS. Mit 80 Abbildungen. Leipzig, Ferdinand Hirt u. Sohn, 1920. 72 S. M. 2,— + Verlags-Teuerungszuschlag (März 1920 80%).

Der Titel reizt zum Ankaufen und zum Lesen. Enttäuscht legt man das Büchlein aus der Hand: Handfertigkeitskniffe sind nicht darin, nur bekannte Verfahren, soweit sie der Verfasser überhaupt anführt. — Im Vorwort steht eine sehr selbstgewisse Vorhersage: „Wegen der Vielseitigkeit des Inhalts wird . . . besonders in Schülerlaboratorien das Buch viel in Anwendung kommen.“ Das bleibt abzuwarten.

Bei den meisten Werkzeugen fehlen die unentbehrlichen Angaben der Größen, wie sie für eine Schülerwerkstatt geeignet sind. Die Beschreibungen sind zu kurz; die Anwendungsweise fehlt meistens und wird schon vorausgesetzt.

Von Einzelheiten heben wir hervor: Für die kleinen Arbeiten in der Schülerwerkstatt reichen Schraubstücke aus, deren Backen acht

bis zehn Zentimeter breit sind; solche von 15 cm Breite gehören in die Werkstatt der Maschinenbauer und der Grobschmiede.

Das Amerikanerfutter der Drehbank heißt nicht Dreibackenfutter; es hat oft vier Backen. Der richtige Name ist: Amerikanisches Zentrierfutter. — Beim Drehen ist die persönliche Unterweisung notwendig; nach den Ausführungen des Buchs kann niemand das Drehen erlernen, ohne sich oder den Gegenstand zu gefährden. Auch fehlt ein Bild einer einfachen Konus-Drehbank, wo alle Teile mit Zahlen bezeichnet und die zugehörigen Namen in einer Tafel vereinigt sind. — Der Sägetisch gehört zur Drehbank; hier wäre ein Bild notwendig. Das Gewindeschneiden ist zu oberflächlich behandelt.

Beim Löten fehlen die wichtigen Schaber und Lötkeklemmen. — Die vielen Hartlote sind wohl überflüssig; für Werkstattzwecke genügt ein gutes Messing- oder Silberschlaglot. Als Flußmittel ist nur Borax erforderlich. — Das Weichlöten müßte ausführlicher behandelt und auch die bequeme Verwendung von Tinnol angeführt sein. — Das Lötzwasser ist gewöhnlich eine Zinkchloridlösung.

Der Verfasser empfiehlt den Gebrauch des kalten Tischlerleims; der heiße Tischlerleim wird am meisten benutzt und ist auch am besten, da die heiße Lösung am leichtesten ins Holz eindringt. — Die Mattschwarzbeize oder sogen. Schwarzbrennsäure besteht nicht aus roher, sondern aus chemisch reiner Salpetersäure, worin etwas Kupfer gelöst ist. Silber ist nicht nötig; es würde auch als Chlorsilber aus der rohen Säure herausgefällt werden. Die Schwärze ist Cuprioxyd, das aus dem Cuprinitrat beim Erhitzen entsteht. — Die Säure greift die Gegenstände an, daher darf man das Schwarzbrennen höchstens zweimal ausführen. — Woher die Kitte stammen, ist weniger wichtig zu wissen, als zu welchen Zwecken man sie verwendet und ob sie in Wasser, Weingeist oder andern Flüssigkeiten löslich sind. — Das Gebläse ist unvollkommen beschrieben. Der Balg muß oben liegen und mit Gewichten belastet werden, damit die Luft dauernd in den Brenner strömt. — Die Anweisung zum Aufblasen einer Kugel ist zu knapp. — Beim Einsetzen einer Elektrode fehlt das Zusammenschweißen eines Drahts und eines Blechs aus Platin, was vor dem Einschmelzen des Drahts geschehen muß.

Die Darstellung leidet unter dem knappen Raum. Das Büchlein bringt vieles, aber auf Kosten der Gründlichkeit, so daß der Chemiker und Physiker wie auch der Schüler noch andere Bücher zu Rate ziehen müssen. Am besten gelungen ist der Abschnitt über das Glasblasen, doch ist auch er zu kurz.

Hahn.

Die Prüfung der Elektrizitätszähler, Meßeinrichtungen, Meßmethoden und Schaltungen. Von Dr.-Ing. KARL SCHMIEDL. Mit 97 Textfig. 130 S. Berlin, Julius Springer, 1921. M. 42,—.

Die Schrift ist für den Zählerfachmann bestimmt und faßt die in Zeitschriften und Büchern zerstreute Literatur über den Gegenstand zusammen. Sie gewährt auch dem Nichtfachmann einen Einblick in die besonderen Schwierigkeiten dieses Gebietes, die je nach den verwendeten Stromgattungen und Meßsystemen ungemein stark variieren. Manche Einrichtungen dürften auch über das Fachgebiet hinaus Verwendung verdienen. P.

Die Elektromotoren, ihre Arbeitsweise und Verwendungsmöglichkeit. Von Prof. Dr. F. NIETHAMMER. Sammlung Göschen Bd. I. 98 S. mit 55 Fig. Bd. II: 78 S. mit 48 Fig. Verein. wissenschaftl. Verleger, 1921. Je M. 2,10 + 100% T.-Z.

Das erste Bändchen behandelt Gleichstrommotoren, mehrphasige, Synchron- und Asynchronmotoren, das zweite Kommutatormotoren, den Motoraufbau in mechanischer Hinsicht, die Wirtschaftlichkeit elektrischer Motorantriebe und die mit elektrischen Anlagen verknüpften Gefahren. Infolge der Zunahme von Überlandzentralen und des Baues von Turbinen ist der Bedarf an Motoren sehr groß geworden. Auch am selben Ort ist die elektrische Übertragung wirtschaftlicher als die mechanische durch Wellen, Riemen und Seile. Dies rechtfertigt die eingehendere Behandlung des Gegenstandes auch für weitere Kreise.

P.

Neue chemische Lehrbücher und Spezialwerke.

Der jetzige Hochbetrieb im akademischen Unterricht, bei dem die Chemie in fast beängstigender Weise bevorzugt wird, hat die Nachfrage nach guten und nach eingeführten Lehrbüchern abnorm erhöht. Gleichwohl ist die Zahl der wirklich neuen Werke verhältnismäßig gering und mancher Autor läßt notgedrungen die letzte Auflage seines Buches photomechanisch, also unverändert, nur mit kurzen Zusätzen versehen, erscheinen. In der folgenden kritischen Zusammenstellung sollen in erster Linie die neuen Werke berücksichtigt werden; es sind meist schmale Bändchen, die aber eine wirkliche Lücke ausfüllen.

Meßmethoden auf dem Gebiete der Radioaktivität. Von H. GEIGER und W. MAKOWER. Die Wissenschaften Bd. 65. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1920. X u. 156 S. Mit 61 Abb. Geh. M. 6,—, geb. M. 10,— mit T.-Z.

Die Meßmethoden des Radiochemikers weichen aus leicht verständlichen Ursachen von den üblichen chemischen und physikalischen durchaus ab; in den meisten Praktiken wurden mit aus diesem Grunde nur wenige orientierende Versuche

vorgenommen, die Radioaktivität blieb eine Spezialität, wenn nicht gar eine Kuriosität. Das muß nun anders werden, nachdem die Ergebnisse der radioaktiven Forschung ein fester Gefügebestandteil der Chemie und Physik geworden sind, sich z. B. die „Abnormität“ der Isotopie an so „soliden“ Atomen wie Chlor und Quecksilber einwandfrei hat nachweisen lassen. Bei dieser Sachlage ist das Erscheinen des vorliegenden Praktikumsbuches sehr zu begrüßen; es ist aus einem bei Rutherford eingerichteten Anfängerpraktikum hervorgegangen. — Nach eingehender kritischer Besprechung der Meßinstrumente (Quadrantelektrometer und Elektroskope) werden die Ionisationserscheinungen in Gasen und die bekannten drei Strahlenarten behandelt. Einige speziellere Abschnitte, in denen u. a. auch absolute Messungen berücksichtigt werden, schließen sich an. Da neben dem rein Meßtechnischen auch die Theorie behandelt wird, möchte der Ref. bei einer Neubearbeitung eine etwas stärkere Berücksichtigung der neuesten Arbeiten auf dem Gebiet der α - und β -Strahlen, sowie der Isotopie befürworten, kurz eine etwas größere Unabhängigkeit von dem 1912 erschienenen englischen Original. Die Tabellen am Schluß entsprechen hingegen durchaus dem Stande von 1920. Das Buch ist durch seine klare Schreibweise, die darin niedergelegte Erfahrung und die nützlichen Tabellen für jeden, der sich auf dem Gebiete der Radioaktivität belehren oder gar betätigen will, unentbehrlich. Zur Durchforschung des vielgestaltigen Gebietes der anorganischen Komplexverbindungen ist indessen eigentlich das große Werk A. WERNERS, des erfolgreichsten Pioniers, notwendig:

Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie. (8. Bd. der Sammlung „Die Wissenschaft.“) Von A. WERNER. 4. Auflage. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1920. XX u. 432 S. Geb. M. 18,— + T.-Z.

Der inzwischen verstorbene Forscher konnte die neue Auflage nicht mehr selbst bearbeiten, sondern mußte sie seinem Mitarbeiter und Nachfolger Karrer-Zürich übergeben. Unter möglichster Wahrung des alten Bestandes sind die neueren Entdeckungen (bis Ende 1918) systematisch nachgetragen worden. Wer sich aber rasch über die Grundzüge der anorganischen Komplexchemie unterrichten wollte, war bisher auf die meist kurzen und einseitigen Abschnitte der landläufigen anorganischen Lehrbücher angewiesen, von denen dasjenige von K. A. Hofmann-Charlottenburg (auch sonst unser bestes Lehrbuch!) der Komplexchemie am meisten gerecht wurde (vergl. die dritte, 1920 bei Vieweg u. Sohn erschienene Auflage); eine kleinere Einleitung in das Gebiet aber fehlte. Sie liegt nun vor:

Chemie der anorganischen Komplexverbindungen, ein Grundriß für Studierende von Dr. ROB. SCHWARZ, a. o. Prof. a. d. Univ. Freiburg i. Br. Verein. wissenschaftl. Verleger, 1920. VI u. 71 S.

Die Grundlage, die Koordinationslehre, wird, nachdem das Versagen der alten Valenzlehre gezeigt ist, sorgsam abgeleitet, dann entwickelt der Verf. eine gute Systematik der Komplexverbindungen, führt in die für den Anfänger verwirrende Nomenklatur ein und zeigt, wie allein die neue Lehre die zahlreichen Isomeriefälle in der anorganischen Welt befriedigend zu erklären vermag. So füllt das kleine Werk eine wirkliche Lücke in der anorganisch-chemischen Literatur aus. Das gleiche gilt von den drei Göschenbändchen:

Die Metalle und ihre Verbindungen. Von J. KOPPEL. Sammlung Göschen Nr. 812—814. Jedes Bändchen etwa 140 S. Verein. wissenschaftl. Verleger, Berlin 1920.

Zusammen bilden diese Bändchen den zweiten Teil eines kurzgefaßten, aber exakten Lehrbuches der anorganischen Chemie, dessen erste Hälfte, die Chemie der Metalloide, noch aussteht. Wer die Eigenart des Verfassers aus dessen wissenschaftlichen Arbeiten kennt, weiß, daß hier der rechte Mann am rechten Platz steht: denn es vereinigen sich genaue Kenntnis auch der „seltenen“ Metalle, verständnisvolle Anwendung der Grundgesetze der physikalischen Chemie, gute Darstellungsgabe und Kenntnis der wirtschaftlichen Bedeutung aller, auch der ausgefallenen Metalle. Der Verfasser möge nur bei einer Neubearbeitung die wichtigen statistischen Angaben über Produktion und Verbrauch bis in etwas modernere Zeiten fortführen. Auch eine etwas stärkere Berücksichtigung der Radioaktivität kann gefordert werden. Daß die Komplexverbindungen gut und eingehend besprochen werden, sei gebührend hervorgehoben.

In ganz neuer Bearbeitung erschienen ist das grundlegende Werk:

Quantitative Analyse durch Elektrolyse. Von ALEXANDER CLASSEN. 6. Auflage. Berlin, J. Springer, 1920. X u. 346 S. Geb. M. 26,—.

Neben Nachtragung sehr zahlreicher neuer Abscheidungs- und Trennungsmethoden, namentlich auf dem Gebiet der Schnellelektrolyse, ist die theoretische Einleitung und die hüttenmännische Elektrolyse am Schluß des Buches hervorzuheben. Die stark erweiterte Einleitung ist fast ein Kompendium der angewandten Elektrochemie geworden. Jede Empfehlung des Buches erübrigt sich; kleinere Ausstellungen möchte der Ref. zurückhalten.

Ebenso gut eingeführt ist das pädagogisch hervorragende Werk:

Elektrochemisches Praktikum. Von ERICH MÜLLER. 3. Auflage. Steinkopff, 1920. XVI u. 254 S. Geh. M. 28,—.

Um den Preis niedrig zu halten, wurde die zweite Auflage photomechanisch reproduziert und mit einem kurzen Anhang versehen, aus dem die Anwendung der beiden wichtigsten elektrochemischen Meßmethoden (Bestimmung der Leitfähigkeit und der elektromotorischen Kraft) auf maßanalytische Aufgaben hervorzuheben sind. Dem Ref. wäre aus seiner Lehrerfahrung die elektrometrische Titration des Wasserstoffs wichtiger erschienen als die vom Verf. gewählte Bestimmung eines Metalls wie Silber; die Konzentration der H⁺-Ionen spielt in der Analyse und namentlich bei unzähligen biologischen Vorgängen (man vergleiche z. B. die Bücher von L. Michaelis in Springers Verlag!) eine unvergleichlich größere Rolle, ist auch pädagogisch ergiebiger. Wenn in wirtschaftlich günstigerer Zeit eine neue Auflage erscheint, wäre das leicht nachzuholen.

Im gleichen Verlage von Steinkopff ist erschienen eine vierte Auflage von:

Grundlinien der anorganischen Chemie. Von W. OSTWALD. XXII u. 860 S. Mit 132 Textfiguren. M. 30,—, geb. M. 37,—.

Es ist das klassische Buch der rein induktiven Methode, von einer musterhaften Klarheit der Begriffsbildung, in vielen Abschnitten für einen Lehrer fast unentbehrlich. Aber im speziellen Teil finden sich auffallende Lücken und Ungleichheiten, auch in dem gänzlich ungearbeiteten letzten Kapitel, das den radioaktiven Elementen gewidmet ist.

Zum Schluß sei kurz auf ein Buch von besonderer Eigenart hingewiesen:

Ausführung qualitativer Analysen. Von WILH. BILTZ. 2 Auflage. Akad. Verlagsanstalt, Leipzig 1920. XII u. 150 S.

BILTZ möchte in der vielfach als mechanisches Handwerk verachteten und von physikalisch-chemischen Theorien überwucherten Analyse wieder Stil und Kunst zu Ehren bringen, an alte Traditionen anknüpfen. Es ist die gesunde Reaktion eines auch in allen Sättel der physikalischen Chemie Gerechten gegen die „Tyrannei der herrschenden Ideen“. Wer das Buch schnell kennen lernen will, lese auf S. 136 über „einige analytische Stilwidrigkeiten“ nach und er wird an eigene Sünden und Sünden seiner Lehrer erinnert werden. W. A. Roth, Braunschweig.

Vereine und Versammlungen.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin.

Sitzung am 10. Februar 1919. Herr BREMER sprach über die Ziele und die Durchführung von Schülerübungen an Hand von zehn Leitsätzen (*ds. Zeitschr.* 32, 100; 1919).

Sitzung am 3. Juni 1919. Herr HEYNE widmete dem verstorbenen langjährigen 2. Schriftführer und Kassenwart des Vereins Herrn Heichen einen Nachruf. — Herr POSKE sprach über Einheitschule und naturwissenschaftlichen Unterricht. Er hob die Notwendigkeit hervor, den Naturwissenschaften im Lehrplan aller Stufen eine größere Stundenzahl zuzuweisen, die durch Verminderung des fremdsprachlichen Unterrichts zu beschaffen sei.

Sitzung am 19. September 1919. Herr VOLKMANN gab eine Darstellung der Ostwaldschen Farbenlehre. — Derselbe zeigte einige kleinere Apparate: eine Glimmlichtlampe, einen Lichtzeiger mit geringem Stromverbrauch, eine Parallelklemme, einen Torsionskopf, eine Schlittenklemme für die optische Bank. — Herr HEYNE sprach über die aus den Meßtischblättern erhaltenen Koordinaten des Schulgrundstücks (Falk-Realg.) und daran anschließende Messungen und Berechnungen.

Sitzung am 11. November 1919. Herr KIRCHBERGER sprach über Schülerübungen in der Himmelsbeobachtung. Die Schüler seien zunächst

zu Beobachtungen mit freiem Auge anzuleiten: verschiedene Größe und gegenseitige Stellung der Sterne (Sternbilder), Bewegung des ganzen Sternhimmels, des Mondes, der Planeten und der Sonne, aus denen dann Beweise für die Kugelgestalt der Planeten und für das Kopernikanische System abzuleiten seien. Beobachtungen mit dem Fernrohr böten wertvolle Abwechslung, bildeten aber nicht die Hauptsache. Viele historische Angaben ließen sich mit den Beobachtungen verbinden.

Sitzung am 22. Dezember 1919. Herr PAUCK sprach im großen Hörsaal des Museums für Meereskunde über die neueren Methoden der drahtlosen Telegraphie.

Sitzung am 20. Februar 1920. Herr BOHN sprach über Atome und Moleküle im Anschluß an die Schrift von Grätz: „Die Atomtheorie in ihrer neuesten Entwicklung“.

Sitzung am 11. Mai 1920. Herr HEYNE sprach über die städtischen Veranstaltungen im Jahre 1920. — Herr POSKE machte Mitteilungen über den Erwerb von Apparaten aus Heeresbeständen. — Herr HEYNE zeigte drei aus der topographischen Abteilung erworbene Theodolite mit Nebenapparaten.

Sitzung am 10. September 1920. Herr VOLKMANN sprach über Ostwalds Farbentheorie und zeigte einige Vorrichtungen zu Farbmischungen. — Herr POSKE sprach über das Zeitschriftenwesen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

und machte einige Mitteilungen über Distanz-
messer und Blinkgeräte.

Sitzung am 23. November 1920. Herr HEYNE
schilderte die Arbeiten des topographischen Kur-
sus, den er im letzten Sommer in der Nähe von
Bernau geleitet habe. — Derselbe machte Mit-
teilung über die neue Organisation der Berliner
Schulen, die in die Verwaltung der Bezirke über-
gingen. In der Besprechung wurde die Frage
nach Beschaffung der für den physikalischen
Unterricht nötigen Mittel erörtert.

Sitzung am 1. Februar 1921. Herr HANAUER
sprach über eine einheitliche Einteilung der
Physik, Chemie und Elektrotechnik. Er ging aus
von der durch Ampère gegebenen Gliederung
der Wissenschaften und entwickelte eine, zuerst
in Amerika in Angriff genommene, moderne
Klassifikation des gesamten menschlichen Wissens,

die an der Hand einiger Probeblätter für die
Gebiete der Mathematik und der Naturwissen-
schaften erläutert wurden.

Sitzung am 31. Mai 1921. Herr KISSE leitete
eine Besichtigung des neuen Übungsraumes im
Realgymnasium in Schmargendorf und erläuterte
die von ihm dort aufgestellten Übungsapparate
für die Mechanik auf der Unterstufe. — Der-
selbe zeigte einen Schwimmer zur Prüfung des
Säuregehalts in Akkumulatoren, machte Versuche
mit einer Wellenmaschine für Längsschwingungen
und demonstrierte die in einer rotierenden Wasser-
menge bei einseitiger Erwärmung eintretende
Wirbelbildung als Analogon zu ähnlichen Er-
scheinungen in der Erdatmosphäre. Hieran schloß
sich die Besichtigung einiger anderer Apparate
und ein Besuch der neu eingerichteten Sternwarte
in der Turmkuppel. Schk.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Ein neues Werkstatt-Voltamperemeter
für Gleichstrom mit umschaltbaren Meß-
bereichen der Hartmann & Braun A.-G., Frank-
furt am Main. Das einfache aber doch vielseitige
Meßgerät ist für den Innen- und Außendienst
des Installateurs, für den Verkaufsraum elektri-

gonikasten von den Abmessungen 135×160×45 mm
derart vereinigt ist, daß Strom- und Spannungs-
messungen ohne Lösung der Anschlüsse unmittel-
bar hintereinander durch Schalterdrehung ausge-
führt werden können. Das Drehspul-Millivolt-
meter ist natürlich nur für Gleichstrom ver-
wendbar.

Die Nebenschlußwiderstände und Vorschalt-
widerstände sind so gewählt und abgeglichen,
daß die nachstehenden Strom- und Spannungs-
Meßbereiche entstehen:

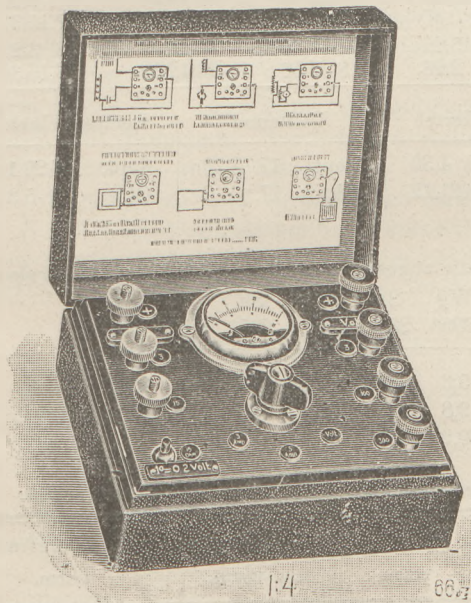
- 0 bis 3 Ampere (Ableseung × 0,1)
- 0 „ 15 „ („ × 0,5)
- (bei 10 Milliampere Stromverbrauch für den
vollen Zeigerausschlag)
- und 0 bis 3 Volt (Ableseung × 0,1)
- 0 „ 6 „ („ × 0,2)
- 0 „ 150 „ („ × 3)
- 0 „ 300 „ („ × 10).

Zur Ableseung dieser Meßbereiche dient eine
einzige, in 30 Teile geteilte und mit 0—30 be-
zifferte Skale.

Außer den auf dem Gehäuse befindlichen
Schraubklemmen sind an den beiden vorderen
senkrechten Kanten und an der linken Schmal-
seite des Gehäuses dauerhafte Kontaktstreifen
angebracht, an die die Batterien und Elemente
für die Messung nur angeedrückt zu werden
brauchen.

Im Deckel des Kastens sind die Schaltbilder
angebracht, die hauptsächlich in Frage kommen.
Diese beziehen sich auf Sammlerladung, Bogen-
lampenregelung, Dynamountersuchung, Prüfung
einer Taschenlampen-Batterie, Elementprüfung,
Zellenmessung.

Das Gewicht des Instruments ist 0,85 kg.



Neues Werkstatt-Voltamperemeter von
Hartmann & Braun A.-G.

scher Bedarfsgegenstände, aber auch für kleine
Versuchs- und Prüfräume usw. bestimmt. Es ent-
hält ein kleines rundes Drehspul-Millivoltmeter,
das mit zwei Nebenschlußwiderständen, drei Vor-
schaltwiderständen, den erforderlichen Klemmen
und einem Drehumschalter in einem flachen Maha-

Himmelserscheinungen im September und Oktober 1921.

12^h = Mittag, 0^h und 24^h = Mitternacht. (Berliner Zeit = MEZ - 0,1^h).

MEZ 0 ^h	September						Oktober					
	3	8	13	18	23	28	3	8	13	18	23	28
♃ { AR	11 ^h 24 ^m	11.54	12.23	12.51	13.17	13.41	14.4	14.24	14.41	14.50	14.49	14.35
	D 5 ^o	1	-3	-6	-10	-13	-15	-18	-19	-20	-19	-17
♀ { AR	8 ^h 18 ^m	8.43	9.7	9.31	9.55	10.18	10.41	11.4	11.27	11.50	12.13	12.36
	D 19 ^o	18	17	15	13	12	9	7	5	3	0	-2
♁ { AR	10 ^h 46 ^m	11.4	11.22	11.40	11.58	12.16	12.34	12.52	13.10	13.29	13.48	14.7
	D 7,8 ^o	6,0	4,1	2,2	0,2	-1,7	-3,6	-5,6	-7,5	-9,3	-11,1	-12,9
♂ { AR	9 ^h 29 ^m	9.42	9.54	10.7	10.19	10.31	10.42	10.54	11.6	11.17	11.29	11.40
	D 16 ^o	15	14	13	12	11	10	8	7	6	5	3
♃ { AR		11 ^h 48 ^m		11.55		12.3		12.11		12.19		12.27
	D	3 ^o		2		1		0		-1		-2
♃ { AR			11 ^h 54 ^m					12.3				12.12
	D		3 ^o					2				1

Δ = Sternzeit - mittl. ♂ Zeit, Zeitgl. = mittl. ♂ Zeit - wahre ♂ Zeit.

Δ {	10 ^h	11.	11.	11.	12.	12.	12.	13.	13.	13.	14.	14.
	46m 10s	5.53	25.36	45.18	5.1	24.44	44.27	4.10	23.52	43.35	3.18	23.1
Zeitgl.	-0m 25s	-2.3	-3.47	-5.33	-7.19	-9.2	-10.39	-12.9	-13.29	-14.36	-15.28	-16.3

Breite von Berlin. Ortszeit. Je 5. Aufgang und folgender Untergang des oberen ♂-Randes.

Aufg.	5 ^h 13 ^m	5.21	5.30	5.38	5.47	5.54	6.3	6.12	6.21	6.30	6.39	6.48
Unterg.	18 ^h 45 ^m	18.33	18.21	18.9	17.57	17.45	17.34	17.23	17.11	17.0	16.49	16.39

Breite von Berlin. Ortszeit. Je 5. Aufgang und folgender Untergang des oberen ♀-Randes.

Sept.	Aufgang	1d 4h 9m	6.10.46	11.15.23	16.17.42	21.19.51	27. 0.26
	Untergang	1d 18h 9 ^m	6.20.37	12. 0.30	17. 5.42	22.11.15	27.15.31
Okt.	Aufgang	2d 7h 4m	7.12.35	12.15.22	17.17.22	22.21. 8	28. 3.21
	Untergang	2d 18h 2m	7.21.25	13. 2.26	18. 7.58	23.12.52	28.15.31

Mondphasen MEZ	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
	Sept. 2d	4h 33m	Sept. 9.	4.30	Sept. 17.	8.20	Sept. 24.	22.18
	Okt. 1d	13h 26m	Okt. 8.	21.12	Okt. 17.	0. 0	Okt. 24.	5.32
	Okt. 31d	0h 39m						

Der Mond tritt zu folgenden Zeiten (MEZ) in die abgerundeten Sternbilder des Tierkreises:

Sternbild	W	S	Z	K	L	J	Wg	Sp	Sz	Sb	Ws	Fs
Länge	25 ^o	55 ^o	85 ^o	115 ^o	145 ^o	175 ^o	205 ^o	235 ^o	265 ^o	295 ^o	325 ^o	355 ^o
Sept.	19,9d	22,2	24,5	26,7	28,7	30,7	5,3	7,6	9,9	12,4	14,9	17,4
Okt.	17,2d	19,5	21,7	23,8	26,0	28,0	30,2	1,3		9,7	12,2	14,7
												Nov.

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Ortszeit. Breite von Berlin.

♃ unsichtbar.	Tag	♀ Morgenstern	♂ (K, L)	♃ (Jungfrau)	♃ (Jungfrau)
		vorm.	vorm.	vorm.	vorm.
A = Aufgang;	Sept. 17	A 2,3 ^h D _m 5,0 ^h	A 3,1 D _m 4,5	(Okt. 5, 5,2)	(Okt. 4, 5,0)
U = Untergang;	Okt. 7	A 3,3 ^h D _m 5,6 ^h	A 3,1 D _m 5,1	A 5,1 D _m 5,2	A 4,8 D _m 5,1
D _a = Abend-Dämm;	27	A 4,3 ^h D _m 6,2 ^h	A 2,9 D _m 5,6	A 4,2 D _m 5,7	A 3,7 D _m 5,6
D _m = Morgen-Dämm.					

Herbstanfang: September 23, 15^h (MEZ). Sonnen-Finsternis: Oktober 1, unsichtbar.

Mond-Finsternis: Oktober 16, sichtbar. (S. Heft 1, S. 44 und 45.) M. Koppe.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.