

Beispiele für einfache Übungen im physikalischen Arbeitsunterricht.

Von Dr. Wilhelm Bahrdt in Berlin-Lichterfelde.

Die folgenden Ausführungen bilden die Fortsetzung eines gleichbetiteltens Aufsatzes im 1. Heft des 43. Jahrganges (1930) dieser Zeitschrift S. 19 ff. Auch für diese Übungen sind die dort aufgestellten grundsätzlichen Forderungen maßgebend gewesen: „Einfachheit des Versuchsprinzips, Billigkeit und Haltbarkeit des Geräts und Leichtigkeit der Versuchshandhabung“. Die Anordnung der Einzelversuche ist erfolgt nach dem „Baukastenprinzip“: gruppenweise Folge der mit dem gleichen Übungsgerät anzustellenden Versuche; im ganzen deckt sich freilich diese Ordnung auch mit der sachlichen Anordnung nach physikalischen Gesichtspunkten. Den Versuchen geht demnach immer die Beschreibung der Apparatur voran.

Versuche mit Klemmarmen aus der Mechanik und Akustik.

Die Bauart eines Klemmarms ist aus Fig. 1 ersichtlich. Er ist aus vierkantigem Messingrohr von 1,5 mm Wandstärke, $25 \times 25 \text{ mm}^2$ Querschnitt und 16,5 cm Länge gefertigt. Zwei Backen aus Flachmessing von 5 mm Stärke, 25 mm Breite und 12 cm Länge werden mittelst eingelöteter Messingbolzen und vier Messingflügelschrauben gegen die beiden gegenüberliegenden Flächen des Vierkantrohres gepreßt. Zum festeren Einklemmen von Drähten und Stäben dient ein Futter aus Aluminiumblechstreifen als Zwischenlage. Diese Klemmarme werden beiderseitig oder auch einseitig auf Eisenrundstäbe aus VOLKMANN'schem Stativmaterial von 13 mm Durchmesser und 100 cm Länge geschoben und durch Messingflügelschrauben befestigt. Die Fig. 2, 6, 7, 8 und 10 zeigen diese beiden Befestigungsarten entsprechend ihrem Verwendungszweck, einseitig auf einem auf VOLKMANN'schem Klemmfuß senkrecht eingeschraubten Stab, beiderseitig auf zwei parallelen, wagerecht liegenden Stäben.

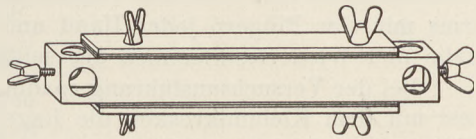


Fig. 1.

Die folgenden Beispiele zeigen die vielseitige Verwendungsmöglichkeit der Klemmarme.

1. Bestimmung des Elastizitätsmoduls eines Drahtes durch Ausdehnung

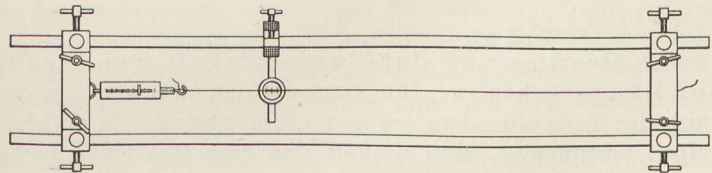


Fig. 2.

infolge Zerrung in der Längsrichtung. Zur Apparatur (Fig. 2) gehört noch eine in Glas geätzte Zehntelmillimeterteilung und ein Kleinmikroskop. Die erstere hat eine Gesamtlänge von 10 mm und ist auf eine Glasscheibe von 20 mm Durchmesser geätzt. Mittelst weißer Ölfarbe ist sie auf der Endfläche eines Korkes festgeklebt. Dieser wieder wird durch eine seitliche Bohrung auf einen kurzen Rundstab mit

Muffe geschoben. Die Art der Befestigung der Teilung ermöglicht eine dreifache Bewegung: Verschiebung der Muffe parallel den Stäben, Verschiebung des Korks senkrecht zu den Stäben innerhalb ihrer Ebene und Drehung der Muffe in einer Richtung senkrecht zu dieser Ebene. — Das Kleinmikroskop (Fig. 3) hat eine Röhre mit Okular- und verstellbarer Objektivlinse, die in optischen Handlungen erhältlich ist. Das Stativ, das ich dazu habe anfertigen lassen, gestattet eine doppelte Bewegungsfreiheit des Tubus, nämlich eine seitliche Schwenkung des wagerechten Tubusträgers und eine senkrechte Verschiebung. Die Vergrößerung ist eine 12-fache. Das Gesichtsfeld umfaßt einen Objektkreis von 5 mm Durchmesser.

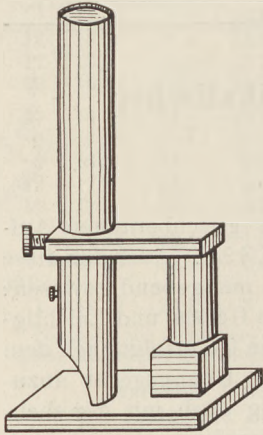


Fig. 3.

Wird ein elastischer Draht von der Länge l mm und dem Querschnitt q mm² durch eine Kraft von p kg* in seiner Richtung gezerrt, so ist die Verlängerung λ in mm gemessen

$$\lambda = \frac{1}{E} \cdot \frac{l \cdot p}{q}.$$

Hieraus ergibt sich der Elastizitätsmodul

$$E = \frac{l \cdot p}{\lambda \cdot q} \frac{\text{kg}^*}{\text{mm}^2}.$$

Fig. 2 zeigt den Versuch. Man klemmt das eine Ende des Drahtes in einem Klemmarm fest, das andere wickelt man um den Haken einer Federwaage und befestigt endlich den Ring der Federwaage an dem zweiten Klemmarm. Am Draht oberhalb der Zehntelmillimeterteilung bringt man eine Marke an, ein mit Syndetikon am Draht festgeklebtes Papierröllchen, einen mit einer feinen Feile gezogenen Querstrich oder ein kurzes gerades Stück feinen Drahts, das quer am Spannungsdraht festgeklebt wird. Das Spannen und Entspannen des Drahtes geschieht durch Lösen des Klemmarms an den seitlichen Flügelschrauben, durch Anfassen der Enden des Klemmarms mit vier Fingern jeder Hand und Gegenpressen der Daumen gegen die Haltestäbe und Wiederfestklemmen der seitlichen Flügelschrauben.

Bei der Versuchsausführung spannt man zuerst den (Stahl-) Draht mit 8 bis 10 kg*, liest mit dem Kleinmikroskop die Lage der Marke über der Teilung auf hundertstel Millimeter und gleichzeitig die zugehörige Spannung ab. Darauf entspannt man den Draht bis auf 1 bis 2 kg* und liest wieder die zugehörige Markenlage und Spannung ab. Diese Reihenfolge hat sich als günstiger herausgestellt als die umgekehrte, weil die Erschütterungen beim Entspannen geringer sind als beim Spannen. Zuletzt mißt man die Länge l des Drahtes vom eingespannten Ende bis zur Marke und berechnet den Querschnitt aus der Dicke d des Drahtes.

Beispiel: Bei einem Stahldraht wurde gemessen $l = 673,5$ mm und $d = 0,4$ mm; $\lambda = 5,53 - 3,63 = 1,90$ mm und $p = 9,10 - 1,65 = 7,45$ kg*. Hieraus berechnete man $E = 21100 \frac{\text{kg}^*}{\text{mm}^2}$.

2. Bestimmung der Zugfestigkeit von Drähten durch Zerrung in der Längsrichtung. Die Zugfestigkeit, d. h. die Zerrkraft, bei der der Zusammenhang der Teile eines Drahtes von 1 mm² Querschnitt aufhört, läßt sich leicht folgendermaßen bestimmen. Man wickelt das eine Drahtende mehrere Male um einen Holz- oder Eisenstab und verknotet es; das andere Ende befestigt man am Haken einer Federwaage, die bis 25 kg* anzeigt; endlich steckt man durch den Ring der Federwaage einen zweiten Stab. Man tritt nun mit beiden Füßen auf den ersten Stab, packt den zweiten mit beiden Händen und streckt langsam den Rumpf, bis der Draht zerreißt. Ein Beobachter, dessen Augen mit einer Schutzbrille bewaffnet sind, liest die Spannung an der Federwaage ab. Die Zugfestigkeit ist gleich dem Quotienten aus der Spannung und dem Querschnitt.

Beispiel: Ein Eisendraht von 0,5 mm Durchmesser zerriß bei 18 kg*. Hieraus erhält man die Zugfestigkeit gleich $92 \frac{\text{kg}^*}{\text{mm}^2}$.

Bemerkenswert ist, daß die durch Experimente gefundenen Werte für Zugfestigkeit meist bedeutend größer sind als Tabellenwerte. Aus leicht ersichtlichen Gründen werden diese wohl mit Absicht kleiner angegeben als die tatsächlichen Werte. Für Stahldrähte beispielsweise wurden einwandfreie Werte von etwa $200 \frac{\text{kg}^*}{\text{mm}^2}$ gemessen, die mehr als doppelt so groß wie Tabellenwerte waren. Praktiker wissen, daß die Zugfestigkeit desselben Materials innerhalb weiter Grenzen schwankt, weil sie stark abhängt von der Bearbeitung des Materials; ja daß bei genau gleicher Bearbeitung auch das Altern eine Rolle spielt.

3. Elastizitätsmodul von Drähten durch Zerrung in der Querrichtung. Ein l mm langer Draht vom Querschnitt q mm² werde durch eine in der Mitte quer angreifende Kraft p kg* um die Strecke a mm quer gezerzt; die ursprüngliche Spannung sei Null. Aus der

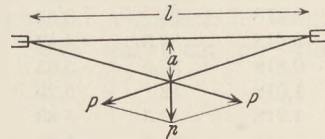


Fig. 4.

Fig. 4 ergeben sich für die Zerrkraft P , die in Richtung des Drahtes wirkt, und für die durch diese Kraft bewirkte Verlängerung λ folgende zwei Gleichungen

$$P : \frac{p}{2} = \sqrt{\frac{l^2}{4} + a^2} : a \text{ und } \lambda = \sqrt{\frac{l^2}{4} + a^2} - \frac{l}{2}$$

Wenn a sehr klein gegen $\frac{l}{2}$ ist, so wird

$$P = \frac{p \cdot l}{4a} \text{ und } \lambda = \frac{a^2}{l}$$

Setzt man diese Werte in die HOOKEsche Gleichung

$$\lambda = \frac{\frac{l}{2} \cdot P}{q \cdot E}$$

ein, so findet man durch einfache Umformungen

$$a) E = \frac{p \cdot l^3}{8 a^3 q}$$

Ist die Anfangsspannung des Drahtes aber von Null verschieden, gleich p_0 , so muß noch ein Korrektionsglied angebracht werden, und man erhält in diesem Fall

$$b) E = \frac{p \cdot l^3}{8 a^3 q} - \frac{p_0 \cdot l^2}{2 a^2 q}$$

Die Strecke a wird an einer Millimeterskala auf Spiegelglas abgelesen. Die querzerrende Kraft ist entweder die Anziehung, die eine an den Faden gehängte bekannte Masse durch die Erde erfährt, oder der Zug an einer Federwage. Bei Benutzung der Formel b) wird die Anfangsspannung p_0 an einer Federwage, die am Ende des Drahtes außerhalb der beiden Klemmarme befestigt wird, kurz vor der endgültigen Einspannung abgelesen.

Beispiel: a) Ein Stahldrath hat die Länge $l = 914$ mm und den Durchmesser $d = 0,4$ mm; ein in der Mitte angehängtes Gewicht von $0,3575$ kg* bewirkte eine Zerrung von $a = 23,5$ mm. Hieraus berechnet man den Elastizitätsmodul von Stahl gleich $20920 \frac{\text{kg}^*}{\text{mm}^2}$.

b) Derselbe Stahldrath von der Länge $l = 905$ mm erfuhr durch ein Gewicht von 1 kg* bei einer ursprünglichen Spannung von 1 kg* eine Querzerrung von 35 mm. Aus der Formel b) berechnet man $E = 21700 \frac{\text{kg}^*}{\text{mm}^2}$.

4. Verhalten eines Drahtes gegenüber wachsenden Zerrkräften. Wird ein Draht durch wachsende Kräfte gezerzt, so sind drei Stadien zu unterscheiden: im ersten sind die Verlängerungen proportional den Kräften; bei Entfernung der Belastung nimmt der Draht seine ursprüngliche Länge wieder an; die spannende Kraft liegt innerhalb der Elastizitätsgrenze, der Draht gehorcht dem HOOKESCHEN Gesetz; das zweite Stadium bedeutet einen Übergang; das dritte Stadium, das Fließen, ist dadurch gekennzeichnet, daß bei nur geringer Vergrößerung der Zerrkräfte ungemein starke Verlängerungen des Drahtes eintreten.

p kg*	a mm	P kg*	λ	λ_{1000}
0,218	18	2,47	0,37	0,85
0,418	25	3,65	0,72	1,65
0,618	30,5	4,42	1,03	2,36
0,818	35,5	5,03	1,44	3,3
1,018	42	5,29	2,03	4,65
1,218	47,5	5,63	2,58	5,92
1,718	65,8	5,76	5	11,46
2,218	81	6,1	7,6	17,43
2,718	96	6,3	10,8	24,7
3,218	109,5	6,6	14,2	32,2
3,718	122,5	6,88	17,9	41
4,218	136,5	7,05	22,5	51,5
5,218	158	7,64	30,3	69,4
6,218	184	8,04	42,1	96,5
7,218	Zerreißen des Drahtes			

Diese drei Stadien lassen sich sehr hübsch durch einen Versuch mit einem etwa 1 m langen Eisendraht von 0,5 mm Dicke zeigen. Der Draht wird ohne Anfangsspannung wagerecht durch die Klemmarme festgeklemmt und in der Mitte durch wachsende Gewichte von 0 bis etwa 8 kg* quergezerzt, bis das Zerreißen eintritt. Hierbei werden die Gewichte in einen Henkelkorb oder auf die Schale einer Hebelwaage gelegt, die mittelst eines aus starkem Draht gebogenen Hakens in die Mitte des zu untersuchenden Drahtes gehängt wird.

Die Schale mit aufgelegten Gewichten läßt sich auch gut ersetzen durch eine Federwaage (12 kg* Maximalbelastung), die mit ihrem Haken in der Mitte des gespannten Drahtes angreift.

Beispiel: Beim Querspannen eines Eisendrahtes von 0,51 mm Durchmesser und $l = 873$ mm Länge durch Gewichte, die in die Schale einer Hebelwaage gelegt wurden, wurden von Primanern in den Schülerübungen die Werte obenstehender Tabelle

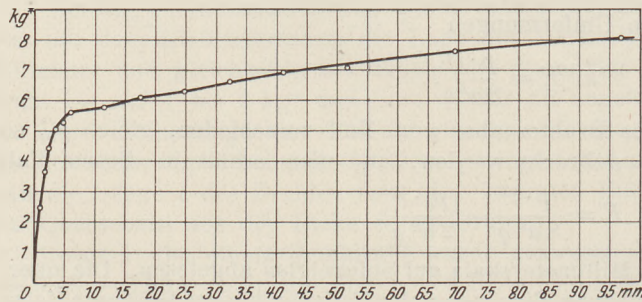


Fig. 5.

gemessen und berechnet. In den beiden ersten Spalten stehen die durch Beobachtung gefundenen Werte für p und a . Die dritte Spalte gibt die Zerrkraft P in Richtung des Drahtes, die wie oben (3) angegeben berechnet wurde. Spalte 4 enthält die Verlängerungen λ in mm, die der halbe Draht durch die Kräfte P erfahren hat, und endlich Spalte 5 gibt die auf $l = 1000$ mm umgerechneten Drahtverlängerungen λ_{1000} . Das Gewicht der Wagschale betrug 0,218 kg*. Fig. 5 zeigt die funktionale Abhängigkeit von P und λ_{1000} graphisch. Aus der Figur ersieht man mit einem Blick die 3 Stadien der Drahtverlängerungen. Aus der letzten Zahl der Spalte 1 findet man die Zugfestigkeit des Eisens gleich $40 \frac{\text{kg}^*}{\text{mm}^2}$.

5. Bestimmung der Schwingungszahlen von Tönen mit dem Monochord. Die Apparatur zeigt Fig. 2; der Kork mit der Millimeterteilung ist von dem Rundstab entfernt zu denken.

Nach TAYLOR berechnet man die Schwingungszahl n einer gespannten Saite von der Länge l m, der Spannung P kg* und dem Gewicht p kg* von 1 m der Saite

aus der Formel

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{9,81 \cdot P}{p}}$$

Als Saiten wählt man Stahldrähte verschiedener Dicke. Die Spannung läßt sich mit der Federwaage in weiten Grenzen variieren und ablesen. Die Länge wird durch Verstellen des Querrundstabes an der Muffe verändert.

Miß die Größen l , P und p einer gespannten Stahlsaite und rechne die zugehörige Schwingungszahl n mit Hilfe der TAYLORSchen Formel aus. Nun zupfe die Saite und suche den gleich hohen Ton auf einem gut gestimmten Musikinstrument (Klavier, Zither, Gitarre, Geige) auf. Für diesen Ton entnimm die Schwingungszahl aus einer Tabelle und vergleiche beide Werte.

Beispiel a: Von einer Stahlsaite wogen 0,294 m auf der chemischen Wage 1,154 g*. Die Spannung war 12,0 kg*, die Länge der Saite war 0,623 m. Die

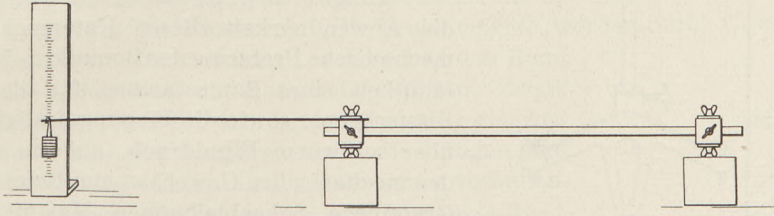


Fig. 6.

Berechnung ergab 139 Schwingungen. Der Ton der gezupften Saite wurde auf einem Klavier als zwischen Cis und D, aber näher an Cis liegend, angesprochen. Die Tabelle aus KOHLBAUSCH ergab für Cis 137,0 und für D 145,2 Schwingungen.

Beispiel b: Bestimmung der Tonhöhe n einer Pfeife mit dem Monochord. Man verändert l und P der gespannten Stahlsaite so lange, bis die gezupfte Saite denselben Ton wie die Pfeife gibt. Dann mißt man wie im vorigen Beispiel P , l und p und rechnet n mit Hilfe der TAYLORSchen Formel aus.

6. Elastizität von Freuträgern und von beiderseits aufgelegten Trägern. Läßt man am Ende eines in wagerechter Richtung fest eingeklemmten

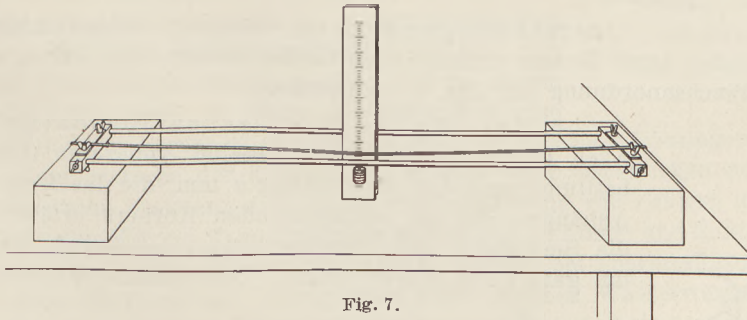


Fig. 7.

Freuträgers von der Länge l mm eine Kraft von p kg wirken (Fig. 6), so erfährt der Träger am freien Ende eine Senkung von

$$a) \lambda = \frac{4}{E} \cdot \frac{p \cdot l^3}{b \cdot h^3} \text{ oder von } b) \lambda = \frac{4}{E} \cdot \frac{p \cdot l^3}{3 \pi r^4}$$

Die Formel a) gilt für einen Träger von rechteckigem Querschnitt mit der Breite b mm und der Höhe h mm; die Formel b) für einen Rundträger mit dem Radius r mm.

Liegen aber beide Trägerenden lose auf zwei festen Unterlagen und wirkt die Kraft p in der Stabmitte (Fig. 7), so gelten die Formeln

$$c) \lambda = \frac{1}{4 E} \cdot \frac{p l^3}{b \cdot h^3} \text{ und } d) \lambda = \frac{1}{4 E} \cdot \frac{p l^3}{3 \pi r^4}$$

Für runde und flachkantige Röhren, für Winkel und U-Schienen, sowie für T- und I-Träger läßt sich die Durchbiegung mit Hilfe der Formeln a) bis d) berechnen, wenn man die Differenz aus der Durchbiegung des massiven und des herausgeschnitten gedachten Balkens bildet.

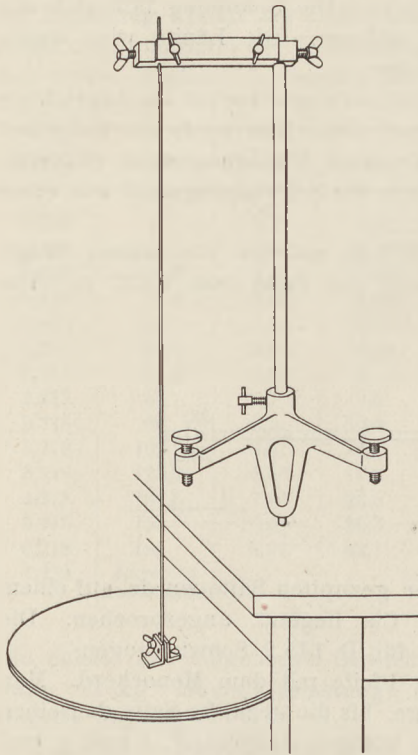


Fig. 8.

Mißt man in den Formeln a) bis d) die Größen λ , p , l , b , h bzw. r , so läßt sich der Elastizitätsmodul E des verwendeten Balkenmaterials berechnen.

Mit derselben Versuchsanordnung läßt sich auch die Bruchfestigkeit und die Tragfähigkeit (z. B. von Holz) zahlenmäßig bestimmen.

Hingewiesen sei bei dieser Gelegenheit auf die Anwendbarkeit dieser Untersuchungen auf mechanische Probleme der Botanik, z. B. die Tragfähigkeit eines Baumstammes für die gewaltige Blätterkrone, sowie die Biegefestigkeit gegenüber seitlichem Winddruck, auf die Anordnung des mechanischen Gewebes beim Bambusrohr, bei Gramineen, Schachtelhalmen, Mais usw. und die große Zugfestigkeit von Bastfasern (vgl. SCHWEN-DENER, Mechanische Probleme der Botanik, Engelmann-Leipzig).

Übung: Untersuche bei Freitragern, bzw. bei beiderseitig lose aufgelegten Stäben desselben Materials, aber mit verschiedenen Querschnitten, die Abhängigkeit der Senkung a) von der Größe p der Belastung, b) von der Länge l des Stabes, c) von der Breite b und d) von der Höhe h , bzw.

dem Radius r des Stabes. Welche Größe für den Elastizitätsmodul erhält man aus den einzelnen Versuchen?

7. Elastische Querschwingungen von einseitig festgeklemmten Stäben, deren freie Enden durch Massen verschiedener Größe belastet sind, lassen sich bequem nach der Versuchsanordnung der Fig. 6 untersuchen.

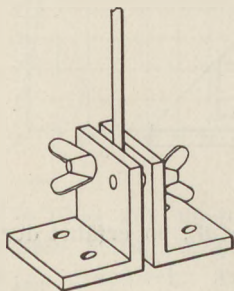


Fig. 9.

8. Messung des spezifischen Gewichts ohne Wage. Auch hierbei benutzt man dieselbe Apparatur (Fig. 6). Man bestimmt zunächst die Senkung a mm, die das freie Ende durch Anhängen des zu untersuchenden Körpers erfährt, und dann die Senkung b , die derselbe Körper hervorruft, nachdem man ihn ganz unter Wasser taucht. Das spezifische Gewicht ist dann

$$s = \frac{a}{a - b}.$$

Bei den nächsten Versuchen braucht man nur einen Klemmarm, der einseitig an einem VOLKMANN'SCHEN Stativ festgeschraubt wird.

9. Torsionsversuche. Fig. 8 zeigt einen etwa 1 m langen und 2 bis 3 mm dicken Rundstab aus Stahl, der oben im Klemmarm festgeschraubt ist und unten eine abgedrehte Holzscheibe (oder Holzstab) trägt. Die untere Festklemmung erfolgt durch eine kleine Torsionsklemme, deren Einrichtung die Fig. 9 zeigt.

Übung a. Bestimmung des Trägheitsmoments J der Holzscheibe aus Torsionsschwingungen. Man beobachtet aus einer größeren Zahl von

Torsionsschwingungen zuerst die Schwingungszeit t_1 der Scheibe, darauf belastet man diese durch Auflegen zweier gleichen Massen m (~ 200 g) in gleichem Abstand r cm vom Mittelpunkt, wodurch das Trägheitsmoment um die Größe $J_2 = 2 m r^2$ vergrößert wird, und mißt die neue Schwingungszeit t_2 . Dann ist

$$J = \frac{J_2 \cdot t_1^2}{t_2^2 - t_1^2}$$

Kontrolliere den gefundenen Wert nach der für eine Kreisscheibe geltenden Formel $J = \frac{1}{2} M r^2$, bzw. für einen Stab von der Länge l cm, bezogen auf eine durch die Mitte senkrecht zum Stabe gehende Achse, $J = \frac{1}{12} M l^2$; M bedeutet hier die Masse der Scheibe, bzw. des Stabes.

Übung b. Abhängigkeit der Drehmomente bei Rundstäben von der Länge und dem Halbmesser. Die Drehmomente werden durch Gewichte erzeugt, die am Ende von Fäden wirken, welche um den Rand der Scheibe gelegt sind und über Rollen führen. Zeige, daß die Drehmomente, die eine Drehung um den gleichen Winkel bewirken, sich umgekehrt wie die Längen und direkt wie die vierten Potenzen der Halbmesser verhalten.

10. Mathematisches Pendel und Stoßapparat (Fig. 10). Um die Pendellängen schnell zu variieren, ist der Klemmarm eine bequeme Vorrichtung. Auch für die Demonstration des elastischen und unelastischen Stoßes ist der Klemmarm ein Ersatz für einen Stoßapparat, da zugleich zwei Bifilarpendel durch die beiden einander gegenüberliegenden Platten unabhängig voneinander befestigt werden können.

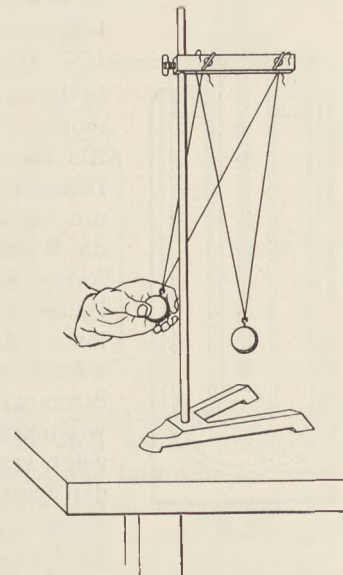


Fig. 10.

Versuche mit Thermosflaschen¹.

Der Zweck der folgenden Zeilen soll sein, auf die vielseitige Verwendbarkeit der Dewargefäße bei messenden Versuchen hinzuweisen. Da sie in weit geringerem Maße als gewöhnliche Kalorimetergefäße der Ein- und Ausstrahlung von Wärme unterliegen, so sind sie diesen in den Fällen überlegen, in denen der Wärmefluß eine längere Zeit dauert. Ferner ist aus dem gleichen Grunde diese Überlegenheit vorhanden, wenn die Temperaturen der untersuchten Körper einen erheblichen Abstand von der Zimmertemperatur besitzen; z. B. ist der zur Vermeidung von Fehlern infolge Ein- oder Ausstrahlung von Wärme oft angewendete Kunstgriff, Anfangs- und Endtemperatur möglichst gleich weit von der Zimmertemperatur zu wählen, bei Thermosflaschen überflüssig. Endlich haben sie noch den Vorzug eines recht kleinen Wasserwertes. Zwei Nachteile besitzen sie gegenüber Metallkalorimetern; erstens sind sie zerbrechlich, zweitens läßt sich ihr Wasserwert nicht wie bei diesen als Produkt aus Masse und spezifischer Wärme berechnen, sondern bedarf einer besonderen experimentellen Bestimmung.

1. Der Wasserwert einer Dewarflasche kann nach folgenden drei Methoden gemessen werden: a) Man füllt in das Gefäß eine abgewogene Menge warmen Wassers, bestimmt dessen Temperatur, wirft eine abgewogene Menge Eis hinein und mißt die Mischungstemperatur. b) Man füllt das Gefäß mit einer abgewogenen

¹ Nach Niederschrift dieses Aufsatzes finde ich dasselbe Thema behandelt im März/Aprilheft 1930 dieser Zeitschrift. Da aber die Beispiele, die von dem Herrn Kollegen Dr. V. GUBSKI in Wesel angegeben wurden, im wesentlichen andere sind, als die in meinem Aufsatz behandelten, so können beide Mitteilungen als gegenseitige Ergänzungen angesehen werden.

Menge kalten Wassers von Zimmertemperatur, taucht einen erhitzten Metallkörper von bekannter Masse, Temperatur und spezifischer Wärme hinein und mißt die Endtemperatur. Es eignen sich hierzu gut die zylindrischen Metallkörper, die ich auf Seite 23 des 43. Jahrgangs dieser Zeitschrift unter Nr. 5 beschrieben habe. c) Man füllt in das Gefäß eine abgewogene Menge von warmem Wasser (40° bis 50°); in ein zweites Thermosgefäß eine abgewogene Menge Wasser von Zimmertemperatur. Von beiden mißt man mit demselben Thermometer die Temperaturen, gießt das kältere Wasser in das warme hinein und mißt wieder mit demselben Thermometer die Mischungstemperatur.

Von diesen Methoden ist die dritte die genaueste und experimentell, sowie theoretisch die einfachste; am ungenauesten ist die erste, weil ein Fehler von $\frac{1}{10}$ g Eis bereits 8 Kalorien ausmacht. Eine Thermosflasche von $\frac{1}{2}$ l Inhalt hat einen Wasserwert von etwa 9 Kalorien.

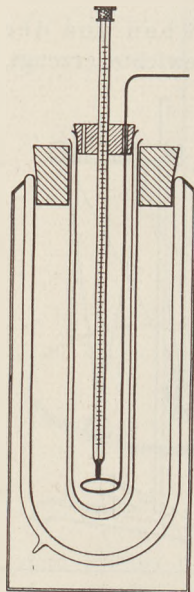


Fig. 11.

2. JOULES Gesetz der Umwandlung von Stromenergie in Wärme. Es ist durch einen messenden Versuch die Frage zu beantworten: wieviel Kalorien entwickelt eine Wattsekunde Strom?

Man benutzt eine $\frac{1}{2}$ l-Thermosflasche mit breiter Öffnung, in deren Kork man drei Öffnungen anbringt, eine für ein $\frac{1}{10}^{\circ}$ -Thermometer und zwei für die Zuleitungsdrähte des elektrischen Stromes. Als Stromleiter verwendet man einen Konstantandraht ($\frac{1}{2}$ mm Draht) von etwa 1 m Länge, der in einigen Windungen über einen mit der Laubsäge ausgesägten Ebonitrahmen gewickelt ist. Damit die Windungen sich nicht verschieben, werden mit der Säge am Rande Einkerbungen in Abständen von etwa 4 mm gemacht. Die Enden dieser Spule werden mit zwei dicken Messingdrähten verlötet. Als Flüssigkeit zur kalorimetrischen Messung der Stromwärme benutze ich unbedenklich Wasser, denn der Teil des Stromes, der von den einzelnen Windungen zu den Nachbarwindungen durch das Wasser geht, ist, wie ein Tauchversuch zeigt, verschwindend klein gegenüber dem durch den Draht fließenden Stromteil. Wer aber kein so weites Gewissen hat, mag Paraffinöl nehmen, dessen spezifische Wärme dann durch einen besonderen Versuch zu bestimmen ist. Der Widerstand r der Konstantanspule

wird nach irgendeiner der bekannten Methoden gemessen, die Stromstärke i an einem Amperemeter oder mit einem Voltmeter bestimmt. Aus der Masse des Wassers, dem Wasserwert des Kalorimeters und der Temperaturerhöhung rechnet man die gesamte vom Kalorimeter aufgenommene Wärme W aus und setzt sie gleich der JOULESchen Stromwärme $x \cdot i^2 \cdot r \cdot t$, wenn t die Zeit des Stromflusses in Sekunden bedeutet.

3. Bestimmung des Molekulargewichts aus der Gefrierpunktniedrigung nach BECKMANN. Dieser Versuch gehört zu den schönsten Schülerübungen aus dem Gebiete der physikalischen Chemie; er dauert eine Doppelstunde. Die Versuchsanordnung zeigt Fig. 11.

Als DEWARsches Gefäß benutzt man eine Halbliterthermosflasche mit 6,5 cm breiter Öffnung. Ein 3 cm weites Reagensglas wird durch die ebenso weite Bohrung des Verschlusskorkes gesteckt; es dient als Schutzmantel für ein etwas engeres Reagensglas, das zur Aufnahme des Lösungsmittels gebraucht wird. Der Verschlusskork dieses Glases hat drei Bohrungen, für das BECKMANNsche Thermometer, den Rührer und ein Glasröhrchen zum Einschütten der zu lösenden Substanz. — Die Thermosflasche wird mit Schnee oder fein gestoßenen Eisstückchen gefüllt. In diese Eisfüllung bohrt man das weite Mantelglas hinein. Als Lösungsmittel ist Benzol empfehlenswert, das bei $+5,5^{\circ}$ gefriert und dessen Gefrierpunktniedrigung durch Auflösen von 1 g-Mol. in 100 g des Lösungsmittels $5,1^{\circ}$ beträgt. Die Einstellung des BECKMANNschen Thermo-

meters nimmt am besten der Lehrer vor, weil eine gewisse Übung und Geschicklichkeit dabei erforderlich ist. Ist es einmal eingestellt, so läßt es sich für dasselbe Lösungsmittel immer wieder verwenden ohne Neueinstellung. Das sogenannte „Impfen“ mit einer Spur des gefrorenen Lösungsmittels hat sich bei Schülerübungen als überflüssig herausgestellt.

Ist \mathcal{G} die molare Gefrierpunktniedrigung in 100 g Lösungsmittel, a die Masse des zu untersuchenden Körpers, b die Masse des Lösungsmittels, τ die beobachtete Gefrierpunktniedrigung und M das gesuchte Molekulargewicht, so ist

$$M = \frac{\mathcal{G} \cdot a \cdot 100}{b \cdot \tau}.$$

Beispiel: $a = 0,751$ g Pikrinsäure; $b = 39,4$ g Benzol; $\tau = 0,432^\circ$. Daraus ergibt sich $M = 225$.

4. Messung der Luftdruckabnahme bei 1 m Erhebung mit Hilfe des Variometers (Fig. 12). Dieser einfache Versuch, der für die Unterstufe qualitativ,

für die Oberstufe quantitativ anzustellen ist, läßt sich mit einer Zweiliterthermosflasche ausführen. Die Flasche wird mit einem eingefetteten Gummistopfen mit doppelter Bohrung verschlossen; durch eine Bohrung führt ein Glasrohr mit Hahn, durch die andere eine rechtwinklig gebogene Glasröhre von 4 mm lichter Weite, deren wagerechter Arm etwa 25 cm lang ist. Auf diesem Arm sind zwei aus Aluminiumdraht gewickelte Marken angebracht, die sich seitlich mit geringer Reibung verschieben lassen. Eine mehrere Zentimeter lange Wasserblase wird in das Seitenrohr gebracht und durch Öffnen des Glashahns, sowie seitliches Neigen in die Nähe des Glasknies gebracht; hierbei ist angenommen, daß der Physikraum in einem unteren Stockwerk liegt.

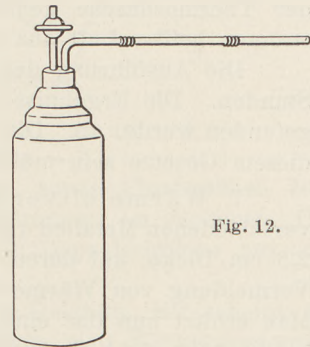


Fig. 12.

Die Lage der Wasserblase wird durch eine Marke festgelegt und der Glashahn geschlossen. Trägt man nun das Variometer in eine höhere Etage, so wandert die Wasserblase infolge des geringeren Außendrucks der Luft um mehrere Zentimeter zur Seite; ihre neue Lage wird durch die zweite Marke festgelegt. Ist a cm der Abstand beider Marken, b cm die lichte Weite der Röhre, v cm³ der Inhalt der Thermosflasche, H mm der Barometerstand im unteren Stockwerk, von dem aus die Wanderung begann, und h m die Höhe, um die das Variometer gehoben worden ist, so ist die Volumenvergrößerung der in der Flasche abgeschlossenen Luft gleich $\frac{\pi b^2 a}{4}$ cm³. Bezeichnet man mit x die Luftdruckabnahme pro 1 m Erhebung, so verhält

sich nach dem BOYLESchen Gesetz

$$\frac{H - x h}{H} = \frac{v}{v + \frac{\pi b^2 a}{4}}.$$

Hieraus erhält man nach einigen Umformungen

$$x = \frac{\pi H b^2 a}{4 h v}.$$

Die nach dieser Methode gefundenen Werte fallen infolge der Vernachlässigung der Oberflächenspannung des Wassers stets etwas kleiner aus, als die mit einem Barometer ermittelten oder aus einem Lehrbuch entnommenen. Dieser Fehler wird verhältnismäßig kleiner, wenn man größere Thermosflaschen benutzt, wie sie beispielsweise für flüssige Luft gebraucht werden.

5. Abkühlungsgeschwindigkeit einer Thermosflasche. Eine Thermosflasche werde mit kochendem Wasser gefüllt. Mittelst eines durch ihren Stopfen

gesteckten Thermometers und der Taschenuhr soll empirisch gefunden werden a) das Gesetz der Abhängigkeit zwischen Zeit und Innentemperatur (Exponentialkurve); b) das Gesetz der Abhängigkeit zwischen Abkühlungsgeschwindigkeit (d. h. Temperaturabnahme pro Minute) und Abstand der Innentemperatur von der Temperatur der Umgebung (gerade Linie); c) die Abkühlungsgeschwindigkeit der gefüllten Thermosflasche ist zu vergleichen mit der Abkühlungsgeschwindigkeit der gleichen Wassermasse in einem gewöhnlichen Glasgefäß. Die Versuchsdauer erstreckt sich auf mehrere Tage.

6. Abkühlungsgeschwindigkeit eines heißen Metallkörpers innerhalb einer Thermosflasche. Benutzt wird eine Halbliterthermosflasche mit weiter Öffnung und ein Metallzylinder mit achsialer Bohrung zur Aufnahme eines Thermometers. Einige Gramm Woodsches Metall, die in diese Bohrung gebracht werden, geben eine metallische wärmeleitende Verbindung zwischen Thermometer und Metallzylinder. Dieser wird an der Innenseite des Verschlusskorks aufgehängt, so daß das Thermometer durch eine Bohrung des Korks in den Zylinder hineinragt. Auf offener Flamme wird der Metallkörper bis auf etwa 200° erwärmt und dann in das Innere der Thermosflasche gehängt. Der luftdicht schließende Kork verhindert ein Ausströmen heißer Luft aus der Flasche.

Die Ausführung des Versuchs geschieht wie in 5.; er dauert mehrere (3 bis 5) Stunden. Die Ergebnisse weichen sehr stark von dem einfachen Gesetz, das dort gefunden wurde, ab. Die Abkühlungsgeschwindigkeiten sind viel größer, als sie nach diesem Gesetze sein müßten.

7. Wärmeleitvermögen von Metallstäben. Benutzt werden Stäbe aus verschiedenen Metallen (Kupfer, Eisen, Blei, Aluminium, Zink) von 25 cm Länge und 2,5 cm Dicke, auf deren eines Ende ein Messingrohr wasserdicht aufgesetzt ist. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten werden Stäbe und Metallrohr mit Watte umwickelt. Man erhitzt nun das eine Ende des Stabes auf 100°, indem man aus einem Destillierkolben bis auf den Boden der Messingröhre einen Wasserdampfstrom leitet; das andere Ende wird auf Zimmertemperatur gehalten, indem man es in einen großen mit Wasser von Zimmertemperatur angefüllten Topf taucht. Nach einigen Minuten ist ein stationärer Zustand eingetreten, d. h. jeder Punkt des Stabes behält seine Temperatur bei; die Kurve, die den Temperaturabfall vom heißen zum kalten Stabende darstellt, ist eine gerade Linie. Man hebt nun den Stab an seinem Stativ aus dem Wasser heraus und taucht sein freies Ende in eine mit m g Wasser von Zimmertemperatur gefüllte Halbliterthermosflasche mit weiter Öffnung hinein. Die Anfangstemperatur dieses Wassers sei τ_1 . Nach n Sekunden wird die Temperatur auf τ_2 gestiegen sein; τ_2 soll nur wenige Grad höher als τ_1 sein. Dann ist die abgegebene Wärme $w = m(\tau_2 - \tau_1)$ kal.

Versteht man nun unter Wärmeleitvermögen L diejenige Zahl Kalorien, die in einer Sekunde durch den Querschnitt 1 cm² desselben hindurchfließen, wenn der Temperaturunterschied an zwei um 1 cm voneinander entfernten Punkten der Leitungstrecke 1° ist, so fließen durch einen Stab von a cm Länge und q cm² Querschnitt, wenn seine Enden auf den konstanten Temperaturen T und t gehalten werden, in n Sekunden

$$w = L \cdot \frac{(T-t) \cdot q \cdot n}{a} \text{ kal.}$$

Setzt man in diese Formel für w den obigen Wert und für t das arithmetische Mittel $\frac{1}{2}(\tau_1 + \tau_2)$ ein, so läßt sich L berechnen.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um die Verwendbarkeit der Dewargefäße bei messenden Versuchen zu zeigen. Es ist ihre Zahl damit nicht erschöpft; erwähnt seien nur noch der Nachweis der RICHMANNschen Regel, die Bestimmung der spezifischen Wärme, die Messung der Temperatur der Rotglut, der Schmelz- und Verdampfungswärme von Flüssigkeiten, der Lösungswärme von Salzen, der Neutralisationswärme von Säuren und Basen und der Hydratbildungswärme.

Feldmeßübungen.

Sie sollen nach den Lehrplänen für die höheren Schulen von U III bis O II vorgenommen werden. Über ihren hohen pädagogischen Wert zu reden, ist daher überflüssig. Es gibt kein Mittel, das bei den Jungen eine so starke Freude an der Geometrie erzeugt, wie Messungen in Gottes freier Natur. Über die Ankündigung des Lehrers: „Heute gehen wir ins Freie, um eine Geländemessung vorzunehmen“, wird von den Jungen stets mit großem Jubel quittiert.

Bei dem heutigen Arbeitsbetrieb ist für jede Feldmessung unerläßliche Vorbedingung die Selbsttätigkeit des Schülers; alle Messungen sind grundsätzlich von ihm auszuführen. Der Lehrer ordnet an, teilt den Schülern ihre Teilaufgaben zu und kontrolliert. Das Meßgerät gehört in die Hand des Schülers. Dies bedingt natürlich eine einfache Bauart und Handhabung und vor allem einen billigen Preis desselben.

Bei allen Feldmeßübungen handelt es sich um das Messen von Strecken und von Winkeln. Längenmessungen sind leicht mit den in der Schule zur Verfügung stehenden Mitteln auszuführen: Metermaßstab, Meßplatten, stählernes Meßband, sowie Fluchtstäben zum Abstecken von Standlinien und zum Festlegen von Richtungen im Gelände. Für viele Zwecke reicht auch das Abmessen von Strecken in Doppelschritten aus, die nachher in Meter umzurechnen sind.

Anders liegt der Fall schon bei Winkelmessungen im Gelände. Mir scheint, als wäre die Mehrzahl der Lehrer von dem Vorurteil befangen, daß Winkelmessungen unbedingt Präzisionsmessungen sein müßten, die eine Genauigkeit der Winkel auf Minuten, wie sie der Theolith oder der Spiegelsextant liefern, nötig machen. In allen Fällen, in denen es sich um eine zeichnerische Wiedergabe des in der Natur Beobachteten in einem bestimmten Maßstabe handelt, genügt eine Genauigkeit, die den in der Hand des Schülers befindlichen zeichnerischen Hilfsmitteln, nämlich dem Millimeterlineal und dem Transporteur, angepaßt ist. Ein in meinem Unterricht auf allen Klassenstufen erprobter Winkelmesser ist in den Fig. 13 und 14 abgebildet. Er ermöglicht die Lösung von drei Grundaufgaben: a) Messung von Höhenwinkeln; b) Messung von Winkeln zwischen wagerechten Visierlinien auf der Erdoberfläche und c) von Winkeln zwischen der magnetischen Nordsüdnlinie und wagerechten Richtungen. Wegen dieser vielseitigen Verwendungsmöglichkeit kann er als Universalinstrument für den geometrischen und erdkundlichen Unterricht im Freien angesprochen werden.

Der Winkelmesser ist aus Ahornholz angefertigt, die Metallteile bestehen aus Messing. Die Einteilung enthält ganze Grade. Bei der Ablesung werden zehntel Grade geschätzt. Ein Vergleich des eingespannten Winkelmessers mit einem Theolithen ergab Fehler, die unterhalb $\frac{1}{5}^{\circ}$ lagen.

Für die Messung von Höhenwinkeln ist ein Diopter an der geradlinigen Kante angebracht, mit dem der hochliegende Punkt (Turmspitze, Wolke) anvisiert wird; ein um den Mittelpunkt der Kreisteilung leicht drehbarer Metallarm hängt vermöge seiner Schwere senkrecht herab. Ein Schüler hält beim Visieren das Instrument frei in der Hand; ein weiterer liest den Winkel ab.

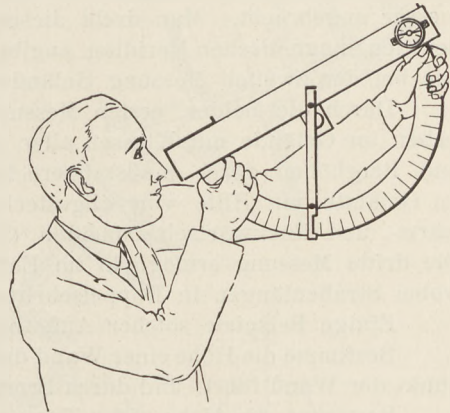


Fig. 13.

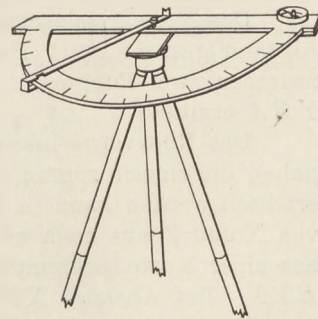


Fig. 14.

Für die zweite Aufgabe, die Messung von Winkeln in der wagerechten Ebene, läßt sich der Winkelmesser in jedes photographische Stativ einschrauben, sodaß Kreisteilung und Metallarm wagerecht liegen. Mit der auf dem Metallarm befindlichen Visiervorrichtung kann man Punkte im Gelände anvisieren und ihre Winkel mit dem Beobachtungspunkt ablesen.

Für die dritte Aufgabe ist ein Kompaß mit Feststellvorrichtung am Winkelmesser angebracht. Man dreht diesen so weit, bis die Magnetnadel auf dem Pfeile, der den magnetischen Meridian angibt, einspielt und visiert dann mit dem Metallarm wie bei der zweiten Messung Geländepunkte oder Straßenrichtungen an.

Durch die beiden ersten Messungen lassen sich zahlreiche geometrische Aufgaben im Gelände mit Klassen aller Altersstufen lösen, z. B. Ermittlung von Turm- und Berghöhen durch maßstabgerechte Zeichnungen, Berechnung von Entfernungen im Gelände mit Hilfe von abgesteckten und ausgemessenen Standlinien, das Vorwärts- und Rückwärtseinschneiden (POTHENOTSche und HANSENSche Aufgabe) u. a. Die dritte Messung ermöglicht im Erdkundeunterricht Routenaufnahmen im Gelände, wobei Straßenlängen in Doppelschritten abgezählt werden.

Einige Beispiele solcher Aufgaben seien zum Schluß zusammengestellt:

Bestimme die Höhe einer Wand durch Ausmessung einer Standlinie, die bis zum Fußpunkt der Wand führt, und durch Ermittlung des Höhenwinkels im Endpunkt der Linie.

Bestimme die Höhe eines Turmes, dessen Fußpunkt unzugänglich ist, durch Abmessen einer Standlinie in Richtung auf den Turm und durch Ermittlung der beiden Höhenwinkel an den Endpunkten. (Eine hübsche Variation dieses Versuchs ist die Ermittlung einer Wolkenhöhe aus zwei gleichzeitigen Höhenwinkelmessungen an den Endpunkten einer langen Standlinie; die Gleichzeitigkeit wird durch Zuruf oder ein optisches Signal gewährleistet.)

Die Breite eines Flusses ist zu bestimmen mit Hilfe einer am Ufer abgesteckten Standlinie und der beiden Winkel, die diese Standlinie an ihren Endpunkten mit einer am jenseitigen Ufer sichtbaren Marke bildet.

Das Vorwärtseinschneiden nach zwei unzugänglichen Punkten X und Y , deren Abstand gesucht ist (1. HANSENSche Aufgabe), besteht darin, daß man eine Standlinie zwischen zwei Punkten A und B abmißt und die Winkel XAB , YAB , XBA und YBA ermittelt.

Das Rückwärtseinschneiden nach zwei Punkten X und Y (2. HANSENSche Aufgabe), die einzeln zugänglich sind, deren Abstand jedoch nicht durch direkte Messung ermittelt werden kann (z. B. zwei Brücken über einen Kanal), besteht darin, daß man von X und Y aus nach zwei sichtbaren Punkten im Gelände A und B , deren Abstand aus einer Karte bekannt ist, folgende Winkel ermittelt: AXY , BXY , AYX und BYX . Der Abstand XY ist durch maßstabgerechte Zeichnung zu bestimmen.

Das Rückwärtseinschneiden nach drei Punkten (POTHENOTSche Aufgabe). Drei Punkte im Gelände A , B , C (z. B. drei Turmspitzen oder drei Leuchtfeuer) bilden ein Dreieck, dessen Seitenlängen aus einer Karte entnommen werden. Von einem vierten Punkte X im Gelände, dessen Lage auf der Karte festzulegen ist und in dem wir mit dem Winkelmesser stehen, werden die Winkel AXB und BXC gemessen.

Bei Routenaufnahmen (Fig. 15) soll ein zusammenhängender Straßenzug, der nicht geschlossen zu sein braucht, in einem gegebenen Maßstab gezeichnet werden. Für jedes geradlinige Wegestück ermittelt man zwei Größen, die Länge in Doppelschritten und die Richtung durch den Winkel mit dem magnetischen Meridian, wobei die Winkel von 0 bis 360 Grad von Norden über Osten nach Süden und Westen zu rechnen sind. Eine hübsche Kontrolle hat man bei dieser und auch einigen der vorhergehenden Messungen, wenn der Schüler die Zeichnung auf Pauspapier macht und diese auf eine Karte in gleichem Maßstab legt.

Fig. 15 stellt eine Routenaufnahme dar, die von einer ungeübten Obersekunda in einer Doppelstunde gemessen worden ist. Die ausgezogenen Linien geben den von

der Klasse gemessenen Straßenzug, die gestrichelten denselben Straßenzug der Bezirksamtskarte an.

Gewiß erfordert jede noch so einfache Feldmeßübung eine längere Zeit als die Lösung einer im Schulzimmer vorgenommenen geometrischen Konstruktionsaufgabe; aber dieser Zeitverlust wird überreichlich aufgewogen durch die Freude, die Lehrer wie Schüler an wirklich praktischen Problemen haben. Aber noch eine andere Erfahrung wiegt diesen Verlust auf. Wenn der Schüler an die Ausarbeitung der Beobachtungen geht, so beherrscht ihn in starkem Maße die Spannung, wie weit die Übereinstimmung seiner durch Zeichnung gewonnenen Ergebnisse mit der Wirklichkeit geht. Hierauf wird der Lehrer von vornherein bei der Auswahl von Aufgaben Rücksicht nehmen, indem er eine Kontrollmöglichkeit entweder mit Hilfe einer Karte oder direkten Ausmessung schafft. Die Anfertigung sauberer Zeichnungen eignet sich auch gut als häusliche Übungsaufgabe, welche die Jungen mit mehr Lust und Liebe anfertigen als irgendeine theoretische Konstruktion.

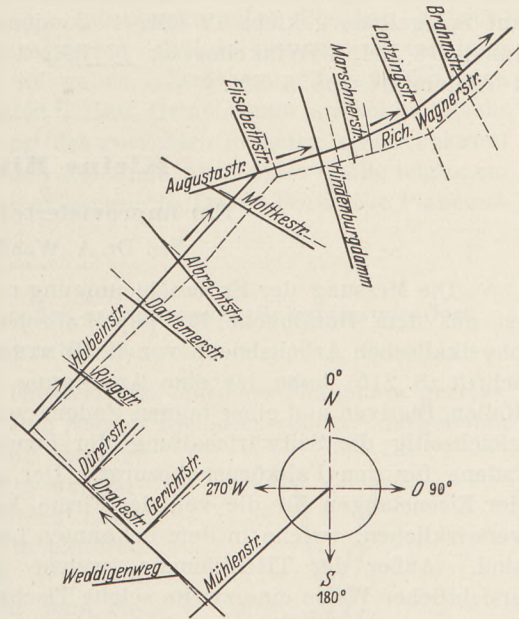


Fig. 15.

Lichtwellenlängen aus NEWTONSchen Ringen.

Die in Fig. 16 dargestellte Apparatur zur Erzeugung und Ausmessung NEWTONScher Ringe weist einige Vorzüge gegenüber ähnlichen Versuchsanordnungen auf. Erstens erfolgt die Erzeugung und Ausmessung der Ringe auf einer Planglasplatte, in die schon eine Zehntelmillimeterteilung geätzt ist; hundertstel Millimeter lassen sich noch schätzen; man erspart also ein Okularmikrometer oder eine besondere, aufgeklebte Teilung. Zweitens wird durch zwei Stellschrauben das Grundbrett schwach geneigt gegen die Horizontale aufgestellt, so daß schräg von oben kommendes Licht zur Erzeugung der Ringe verwendet wird; dabei kann sowohl diffuses Sonnenlicht, als auch weißes und monochromatisches Licht einer künstlichen Lichtquelle benutzt werden; man erspart einen unter 45° geneigten Spiegel, der bei den üblichen Versuchsanordnungen das Licht auf Linse und Planglasplatte reflektiert. Drittens besitzt die Apparatur eine sehr einfache Vorrichtung, bestehend aus zwei Messingbügeln und zwei kleinen Klemmschrauben, um die Linse und die Planglasplatte mit leichtem Druck gegeneinander zu pressen. Endlich ist das für die Messung der Ringe benutzte Kleinmikroskop mit 12facher Vergrößerung ein sehr billiges und für manche anderen Messungen (Ausdehnungskoeffizient von Metallstäben, Elastizitätsmodul von Drähten) benutzbares Gerät.

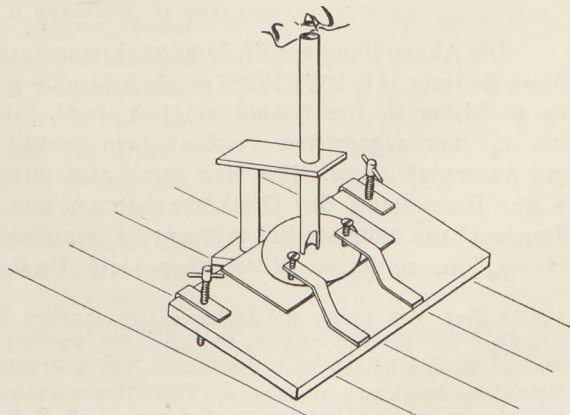


Fig. 16.

Die in diesem Aufsatz angeführten Apparate liefert die Firma „Modellbau Friedrich Tilger, Berlin-Wilmersdorf, Detmolder Str. 2 I“. Die Preise sind für 1 Klemmarm 13,50 RM, 1 Zehntelmillimetreinteilung auf Glas geätzt 6 RM, 1 Serie von Stäben und Drähten verschiedenen Materials und Querschnitts 10 RM, 1 Skala auf Spiegelglas geklebt 12 RM, 1 Torsionsklemme 5 RM, 1 Variometer mit 2 Liter Inhalt 18 RM, 1 Winkelmesser 27 RM, 1 Apparatur für NEWTONsche Ringe 12 RM, 1 Kleinmikroskop 5 RM.

Kleine Mitteilungen.

Ein improvisiertes Whiting-Pendel.

Von Dr. A. Wendler in Erlangen.

Die Messung der Erdbeschleunigung nach der Fallformel mit dem Whiting-Pendel ist aus dem Handbuche für physikalische Schülerübungen von H. HAHN und dem physikalischen Arbeitsbuche von E. GÜNTHER bekannt. Im 35. Bd. (1922) dieser Zeitschrift (S. 215) habe ich eine Anordnung beschrieben, welche die Verwendung von Rollen, Stativen und eines langen Fadens vermeidet, indem eine einfache Fadenschlinge gleichzeitig die Seitwärtshaltung der Pendelstange und des daran angelegten Haltefadens für den Fallkörper besorgt. Der gleiche Grundgedanke läßt sich mit Hilfe der Eisenstangen für die von der Firma Meiser & Mertig gelieferten Reversionspendel verwirklichen, welche in dem bekannten Leitfaden von HAHN-KOCH (S. 59) beschrieben sind. Außer der Tischklemme, welche die Eisenstange trägt, ist dann in leicht ersichtlicher Weise eine zweite solche Tischklemme in unmittelbarer Nähe zur richtigen Justierung des Fallkörperfadens zu benutzen, wobei sich der Abstand nach dem Äquatordurchmesser des Fallkörpers zu richten hat. Die Probemessungen ergaben die Werte 9,6; 9,7; 9,55; 9,65; 9,6, was im Mittel einen Fehler von nicht ganz 2 v. H. bedeutet.

Zur Behandlung des Dreikörperproblems in der Schule.

Von H. Hermann in Tübingen.

Die Abhandlung von H. LORENZ, Elementare Anwendungen des Dreikörperproblems (diese Zeitschr. 41, 257; 1928) ermöglicht eine greifbarere Einführung in dieses Problem als es bisher in der Schule möglich war¹. Bei knapper Zeit kann die Entwicklung von q_n'' herausgegriffen werden; dazu genügt der Sinussatz für die Winkel φ und ψ und Analogiebildung. Ehe man zum LAGRANGESchen Sonderfall $q_n'' = 0$ (Abschnitt 4; in der Darstellung der Dreikörperbahnen von STRÖMGREN im Deutschen Museum in München² die äußerste Bahn) übergeht, empfiehlt es sich einzufügen, daß die Wirkung von q_n'' im zeitlichen Mittel über viele Umläufe nicht verschwindet. Die von ihr

¹ Verf. ließ bisher die Differentialgleichungen des Problems in rechtwinkligen Koordinaten aufstellen, wie bei FRISCHAUF, Grundriß der theoretischen Astronomie 3. Aufl. (1922) S. 87—88. Für den Schulgebrauch muß man dabei, um zeitraubende Erörterungen über das Maßsystem der Himmelsmechanik zu vermeiden, die Definitionen ändern: Die Gaußsche Größe k^2 , die von FRISCHAUF als Sonnenmasse definiert wird, definiere man als Produkt der Sonnenmasse mit der NEWTONschen (bei LORENZ versehentlich Gaußisch genannten, vom Gaußischen k verschiedenen) Gravitationskonstante; dann wird die Sonnenmasse Eins, die Planetenmasse m ; die Größe mk^2r^{-2} , von FRISCHAUF Kraft genannt, wird eine Beschleunigung, und die Dimensionen der Differentialgleichung werden mechanisch richtig.

Auch die Abhandlung von OPPENHEIM, Kritik des NEWTONschen Gravitationsgesetzes, Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaft VI 2, Bd. 22, S. 89 (1922) enthält am Anfang des Absatzes 4 „Die Konstante k im absoluten Maßsystem“ eine unrichtige, mit der NEWTONschen gleichlautende Worterklärung für k ; am Schluß ist richtig k^2 gedruckt.

² Farbige Wiedergabe am Schluß von Bd. IV der „Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften“ (1925).

hervorgerufene Periheldrehung beträgt im System Sonne — Jupiter — Saturn für Jupiter + 3,44''; für Saturn + 20,06'', was bei Jupiter einen Perihelumlaf in 376 700 julianischen Jahren, bei Saturn in 58 750 solchen bedeutet¹. Davon ausgehend kann man die einfache Schlußrechnung, welche bei der Anwendung der säkularen Periheldrehung zur Suche nach dem etwaigen intramerkurialen Planeten auftritt, anfügen². Verf. verwendet sie gern, um interessierten Schülern eine erste Vorstellung von der Arbeitsweise der Neptunentdecker zu geben. Zwar kam bei diesen eine Periheldrehung als Unterlage nicht in Betracht³. Das Gemeinsame an beiden Rechnungen ist jedoch, daß die mittlere Entfernung des gesuchten Planeten schon bekannt sein muß; der Rechner muß mit einer passenden Annahme über diese Größe beginnen. Bei der Neptunentdeckung diente hierfür das extrapolierte TITIVS-BODEsche Planetenabstandsgesetz⁴.

Eine Rotgrünlaterne zur Demonstration des sogenannten Schattenwunders.

Von P. Steindel in Berlin.

Vor etwa 6 Jahren wurde in Variété-Theatern ein optisches Phänomen gezeigt, das als besondere Programmnummer unter dem Namen „Schattenwunder“ dargeboten wurde. Wenn bei dieser Nummer der Vorhang aufging, sah man, daß die Bühne vorn (auf der Seite der Zuschauer) durch einen weißen durchscheinenden Leinwandvorhang abgeschlossen war, der von dem hinteren Teil der Bühne her weiß beleuchtet wurde. Wie man aber an einzelnen Stellen des Vorhangs sehr bald bemerken konnte, wurde der weiße Eindruck nicht durch gewöhnliche weißleuchtende Bogenlampen hervorgeufen; der Vorhang wurde vielmehr durch 2 Lichtquellen beleuchtet, von denen die eine rotes Licht, die andere blau-grünes Licht auf den Vorhang warf, sodaß durch die Komplementärfarben der weiße Eindruck entstand. Beide, möglichst punktförmige Lichtquellen dürften in einem Abstand von etwa 10 bis 15 cm nebeneinander angeordnet gewesen sein, und es entstanden infolgedessen von jedem Gegenstand, der sich zwischen den Lichtquellen und dem weißen Vorhang befand, auf dem Schirm zwei Schlagschatten, ein roter und ein grüner, und zwar, vom Zuschauer aus betrachtet, rechts der rote, links der grüne Schatten. Diese Schatten wurden nun von den Zuschauern durch eine Rot-Grünbrille (rechts rot, links grün), die ihnen schon beim Eintritt in das Theater eingehändigt worden war, betrachtet. In Fig. 1 seien R und Gr die beiden rot und grün leuchtenden Lichtpunkte, EF ein Gegenstand, CD der weiße Vorhang, AB der rote und A_1B_1 der grüne Schatten, F_1 das rote und F_2 das

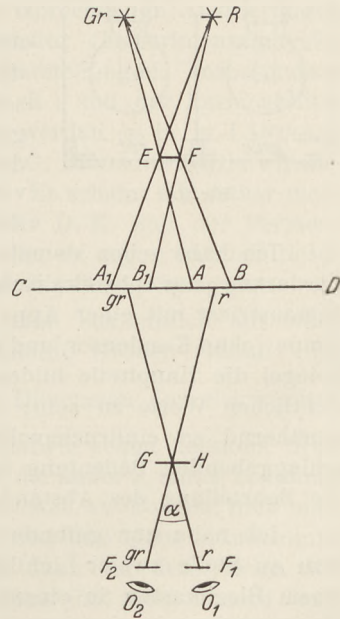


Fig. 1.

¹ CHARLIER, Mechanik des Himmels I (1. Aufl. 1902; die 2. ist dem Verf. nicht zugänglich), S. 357.

² OPPENHEIM, Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaft VI. 2. Bd., Ziff. 25, S. 133; vom Verf. in seinen Materialien zur Gravitationslehre, Unterrbl. 33, 214 versehentlich KOTTLER zugeschrieben.

³ Da die Uranusbahn fast kreisförmig ist, würde die Feststellung ihrer Periheldrehung besonders lange Beobachtungszeit erfordert haben. Da sie übrigens auch fast keine Neigung gegen die Ekliptik besitzt, ist die Bestimmung der Uranusentfernung aus zwei Uranusörtern schon einer Schulsternwarte möglich. Den Gang der Rechnung findet man bei FRISCHAUF a. a. O. Ziff. 61. Sie bildet eine erheblich leichtere Vorstufe für die STERBA'sche Berechnung der geneigten Kreisbahn eines Asteroiden. Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht 36, 321; 1905.

⁴ LUDENDORFF, Populäre Astronomie, 6. Aufl. (1921) S. 427.

grüne Strahlenfilter der Rot-Grünbrille, die sich vor den Augen O_1 und O_2 eines Zuschauers befinden. Macht der Zuschauer das linke Auge zu, so erscheint dem rechten Auge der ganze Vorhang rot bis auf den Schatten A_1B_1 , der nur grünes Licht aussendet, dem rechten Auge aber wegen der Undurchlässigkeit des rechten Strahlenfilters F_1 für grüne Strahlen schwarz erscheint. Macht er aber das rechte Auge zu, so erscheint dem linken Auge der ganze Vorhang grün; der Schatten AB aber, der nur rotes Licht aussendet, macht wegen der Undurchlässigkeit des Strahlenfilters F_2 für rote Strahlen einen schwarzen Eindruck. Betrachtet er nun durch die Farbenbrille mit beiden Augen den Vorhang, so hebt sich für das rechte Auge des Zuschauers nur der Schatten A_1B_1 , für das linke Auge nur der Schatten AB auf dem Vorhang ab. Ohne sein Zutun stellt sich daher beim Zuschauer die Achse des rechten Auges O_1 auf A_1B_1 , die des linken O_2 auf AB ein, und er erhält den Eindruck, als ob in GH , der Kreuzungsstelle der beiden Augenachsen, der Gegenstand (eigentlich sein Schatten) in der Luft schwebt. Bewegt sich der Gegenstand EF nach den Lichtquellen G und R hin, wird also z. B. ein Ball (EF) nach hinten geworfen, so rücken die Schatten A_1B_1 und AB auseinander, der Kreuzungspunkt der Augenachsen, also der scheinbar in der Luft schwebende Gegenstand, bewegt sich auf den Beschauer zu; er erhält also den Eindruck, als ob ihm der Ball ins Gesicht fliegt.

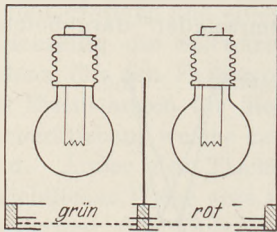


Fig. 2.

Natürlich verstand man in den Theatern, die Erscheinung recht eindrucksvoll zu gestalten: Eine (an einem dünnen Faden hängende) riesige Spinne attackierte die Zuschauer, ein Mann fuhr ihnen mit einer Gabel ins Gesicht, gar nicht zu reden von einem Eimer schmutzigen Wassers, das sich ebenfalls über sie ergoß. Der Eindruck war so verblüffend, daß viele unter Schreien mit ihrem Kopf ängstlich zur Seite fuhren, um nicht getroffen zu werden.

Ich habe schon damals (vor 6 Jahren) in einer Sitzung des Berliner Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts in kleinerem Ausmaße die Erscheinung demonstriert mit einer Apparatur, bei der ein Projektionsapparat mit einer Bogenlampe (ohne Kondensator und Objektiv) und zwei unter einem stumpfen Winkel geneigte Spiegel die Hauptteile bildeten. Das Phänomen scheint mir von erheblichem unterrichtlichen Werte zu sein; denn ich glaube nicht, daß es einen zweiten auch nur annähernd so eindrucksvollen Versuch gibt, um zu illustrieren, von welcher ausschlaggebenden Bedeutung beim Zweiäugigen der Winkel α der Augenachsen ist für die Beurteilung des Abstandes des fixierten Punktes vom Beschauer.

Ich habe nun gefunden, daß die Erscheinung ebensogut zustande kommt, wenn man an Stelle zweier Lichtbögen zwei 200 Watt-Projektionsglühlampen benutzt, die in einem Blechkasten in einem Abstand von etwa 15 cm nebeneinander stehen und ihr Licht getrennt durch ein rotes bzw. grünes Glasfenster senden. Fig. 2 stellt schematisch im Grundriß diese Rot-Grünlaterne mit den beiden Fenstern dar. Ich führe den Versuch in der verdunkelten Physikklasse in der Weise aus, daß ich die geöffnete zum (ebenfalls verdunkelten) Nebenzimmer führende Tür mit einem durchscheinenden Schirm vom Schirm in entsprechender Höhe die Rot-Grünlaterne aufstelle. Die 3 m Abstand bieten Raum genug für allerhand Bewegungsvorgänge (Werfen eines Schwammes, Bewegungen der Hand oder eines Zeigestocks). Die Farbenbrillen habe ich aus zurechtgeschnittenen Gläsern und Karton von den Schülern selbst kleben lassen¹.

Ich möchte nicht unterlassen zu bemerken, daß der physikalische Vorgang bei diesem „Schattenwunder“ sich mit dem beim Betrachten der im Handel befindlichen

¹ Im 33. Jahrgang dieser Zeitschr. S. 47 hat *W. Merkelbach* ebenfalls eine Apparatur beschrieben, mit der man dieses als „Schattenwunder“ bezeichnete Phänomen zeigen kann.

„Plastischen Weltbilder“ deckt. Diese „Plastischen Weltbilder“ brachten mich auf die Konstruktion der Rot-Grünlaterne. Ein Versuch übrigens, das rote und grüne Fenster bei der Laterne zu vermeiden und dafür zwei mit Glühlampenlack rot bzw. grün gefärbte 200 Watt-Projektionsglühlampen zu benutzen, mißlang, da der Glühlampenlack die Hitze nicht vertrug. Es ist selbstverständlich, daß nur der Zwei-äugige das Phänomen wahrnehmen kann. Rot-Grün-Blindheit hindert dagegen, wie ich festzustellen Gelegenheit hatte, den Eindruck im allgemeinen nicht, da ein gewisser Unterschied zwischen Rot und Grün von Rot-Grünblinden immerhin wahrgenommen zu werden pflegt¹.

Über die Grundlagen der elektrischen Maßsysteme, insbesondere über die Dimension der Dielektrizitätskonstanten und der Permeabilität.

Von H. Greinacher in Bern.

Es besteht kein Zweifel: in der theoretischen Literatur gibt es ausgezeichnete Darstellungen der elektrischen Maßsysteme und erschöpfende Zusammenstellungen der Dimensionsverhältnisse. Es seien nur die vorbildlichen Tabellen in M. ABRAHAM-FÖPPL: Theorie der Elektrizität, 1921, Bd. I, S. 225, und M. PLANCK: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 1928, S. 204 mit den entsprechenden Ausführungen erwähnt. Dagegen findet man in der praktischen Literatur (Experimentalphysik, Elektrotechnik) gelegentlich unvollständige, ja fehlerhafte Darstellungen. Insbesondere sind es die Dimensionen der Dielektrizitätskonstanten (D.-K.) und der Permeabilität (bzw. der Suszeptibilität), die etwa unrichtig angegeben werden (z. B. in LANDOLT-BÖRNSTEIN: Physikalisch-chemische Tabellen 1912, S. 1268; G. BENISCHKE: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik, 1914, S. 598). Es scheint mir daher nicht ganz überflüssig zu sein, einiges über die Dimensionen der D.-K. und der Permeabilität, trotz des ehrwürdigen Alters dieser beiden Begriffe, zu sagen und bei dieser Gelegenheit etwas auf die Grundlagen der elektrischen Maßsysteme einzugehen.

Die Dimension einer physikalischen Größe erhält man bekanntlich aus einer Formel, welche außer der gesuchten nur dimensionsbekannte Größen enthält. So würden wir aus dem COULOMBSchen Gesetz $K = \frac{e_1 e_2}{\epsilon r^2}$ die Dimension der elektrischen Ladung finden, wenn wir die Dimension der D.-K. (ϵ) irgendwie schon kennen. Nun ist dies aber nicht der Fall, da es keine Beziehung gibt, die außer ϵ lauter bekannte Größen enthält. Um „absolut“, d. h. im C.G.S.-System messen zu können, muß man daher eine Festsetzung für ϵ treffen. Die einfachste ist die, daß man ϵ unbenannt und für das Vakuum gleich 1 annimmt. Damit steht man dann auf dem Boden des elektrostatischen Maßsystems. Hingegen muß betont werden, daß die genannte Festsetzung allein zur Begründung dieses Maßsystems nicht ausreicht. Denn sie erlaubt nur, die rein elektrostatischen Größen festzulegen, während die magnetischen hiermit noch keinesfalls bestimmt sind. Um ein Maßsystem für elektrische und magnetische Größen zugleich festzulegen, braucht es zwei Definitionen. Nehmen wir als zweite Bedingung etwa die, daß auch die Permeabilität dimensionslos und für das Vakuum gleich 1 sein solle, so erhalten wir das GAUSSsche Maßsystem, bzw. dessen Dimensionsverhältnisse. Dies hat den großen Vorteil, daß es elektrische und magnetische Größen gleichmäßig berücksichtigt. Man beachte in dieser Hinsicht die gleichwertige Auffassung der korrespondierenden Größen e und m , sowie ϵ und μ in den beiden, im übrigen gleichlautenden COULOMBSchen Gesetzen

$$K = \frac{e_1 e_2}{\epsilon r^2} \quad \text{und} \quad K = \frac{m_1 m_2}{\mu r^2} \dots \dots \dots (1)$$

¹ Das Gerät kann von der Firma E. Leybolds Nachf. A. G., Köln und Berlin, bezogen werden.

Das GAUSSsche Maßsystem stellt gewissermaßen eine Vereinigung der beiden rein elektrostatischen und magnetostatischen Maßsysteme zu einem elektromagnetischen Maßsystem dar (nicht zu verwechseln mit dem MAXWELLSchen elektromagnetischen Maßsystem!). Durch die Festsetzung von ε sind alle elektrischen, durch diejenige von μ alle magnetischen Größen normiert. Und zwar sind durch die beiden Beziehungen (1) nicht nur die Dimensionen, sondern auch die Maßeinheiten des GAUSSschen Systems festgelegt. Natürlich ließen sich bei gleichen Dimensionsverhältnissen auch andere Einheiten fixieren. Man hätte nur zu schreiben:

$$K = k \frac{e_1 e_2}{\varepsilon r^2} \quad \text{und} \quad K = k' \frac{m_1 m_2}{\mu r^2},$$

wo k und k' irgendwelche Zahlenfaktoren bedeuten. Was die Größen ε und μ anbetrifft, so wird man allerdings von den Annahmen des GAUSSschen Systems, die sich durch Einfachheit und Zweckmäßigkeit auszeichnen, kaum abgehen wollen. Hingegen für e und m lassen sich andere Einheiten sehr wohl begründen. Wählen wir etwa $k = k' = 4\pi$, so erhalten wir das LORENTZsche (rationelle) Maßsystem. Bei diesem sind u. a. die Einheiten für Elektrizitäts- und Magnetismusk mengen andere. Wir erhalten, wenn wir die in diesem System gemessenen Größen durch darübergesetzte Striche kennzeichnen: $\bar{e} = e \sqrt{4\pi}$ und $\bar{m} = m \sqrt{4\pi}$. Das LORENTZsche Maßsystem zeichnet sich dadurch aus, daß der so häufig in den Formeln vorkommende Zahlenfaktor 4π verschwindet. So lautet z. B. der Ausdruck für die elektrische und magnetische Energiedichte im GAUSSschen System

$$\frac{\varepsilon \mathcal{E}^2}{8\pi} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\mu \mathcal{H}^2}{8\pi}, \quad \dots \dots \dots (2)$$

im LORENTZschen aber

$$\frac{\varepsilon \mathcal{E}^2}{2} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\mu \mathcal{H}^2}{2}.$$

Was aber beide Systeme gleicherweise charakterisiert, ist der Umstand, daß in den Formeln, welche elektrische und magnetische Größen gleichzeitig enthalten, immer die Lichtgeschwindigkeit (c) und zwar in ganzzahligen Potenzen, auftritt.

Anders ist es nun im elektrostatischen und auch im elektromagnetischen Maßsystem. Weder im einen noch im anderen enthalten die Beziehungen c . Man kann zu diesen Systemen gelangen, wenn man entweder ε oder μ anders als im GAUSSschen System festsetzt. Läßt man Dimension und Maßeinheit von ε bestehen, ersetzt aber μ durch $\mu' c^2$, so erhält man die Formeln im elektrostatischen System und bemerkt, daß c explicite verschwindet. Läßt man andererseits μ bestehen und ersetzt ε durch $\varepsilon'' c^2$, so entstehen die elektromagnetischen Formeln. Auch diese enthalten c nicht explizite und sind im übrigen völlig gleichlautend mit denen des elektrostatischen Systems. Wenn wir mit $'$ die elektrostatisch gemessenen, mit $''$ die elektromagnetisch gemessenen Größen kennzeichnen, so haben wir beispielsweise

$$K = \frac{e'^2}{\varepsilon' r^2} = \frac{e''^2}{\varepsilon'' r^2} \quad \text{und} \quad K = \frac{m'^2}{\mu' r^2} = \frac{m''^2}{\mu'' r^2}.$$

Verständlich werden diese Verhältnisse indessen erst, wenn wir auf die theoretischen Grundlagen des Elektromagnetismus zurückgreifen. Erst dann werden wir zeigen können, 1. daß in jedem Maßsystem stets zwei Größen beliebig definiert werden dürfen, 2. welches die beiden Festsetzungen für die einzelnen Maßsysteme sind. Man kann nun entweder die MAXWELLSchen Grundgleichungen heranziehen, oder aber die beiden Formeln für die Energiestrahlung (POYNTING) und für die Energiedichten des elektrostatischen und magnetischen Feldes benutzen. Dem letzteren Verfahren kommt die größere Allgemeinheit zu, da die MAXWELLSchen Gleichungen sich aus jenen Formeln herleiten lassen. Wir wollen uns indessen doch der MAXWELLSchen Gleichungen bedienen und sie in der für unsere Dimensionsbetrachtungen ausreichenden, einfachen Form schreiben:

$$\epsilon \frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t} = C \operatorname{rot} \mathfrak{H} \quad \text{und} \quad \mu \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t} = C \operatorname{rot} \mathfrak{E}. \quad (3)$$

Wir sehen, daß hier außer den Feldstärken \mathfrak{E} und \mathfrak{H} 3 Größen erscheinen, deren Dimensionen und Einheiten noch nicht bestimmt sind. Zwei davon dürfen offenbar willkürlich festgesetzt werden, die dritte ist dann durch (3) fixiert. Multipliziert man nämlich die beiden Gleichungen (3) miteinander und setzt die Dimensionen der beiden Seiten einander gleich, so findet man

$$\left[\epsilon \mu \frac{\partial \mathfrak{E}}{\partial t} \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t} \right] = [C^2 \operatorname{rot} \mathfrak{H} \operatorname{rot} \mathfrak{E}],$$

d. h.

$$[\epsilon \mu] \frac{[\mathfrak{E} \mathfrak{H}]}{t^2} = [C^2] \frac{[\mathfrak{H} \mathfrak{E}]}{l^2}$$

oder

$$\left[\frac{C^2}{\epsilon \mu} \right] = l^2 t^{-2}. \quad (4)$$

Hierin sind ϵ und μ definiert durch (2) und C durch den POYNTING'schen Strahlungsvektor

$$\mathfrak{S} = \frac{C}{4\pi} [\mathfrak{E}, \mathfrak{H}]. \quad (5)$$

Während ϵ und μ Materialkonstanten bedeuten, stellt C eine universelle Größe dar. Aus den MAXWELL'schen Gleichungen folgt übrigens, daß der Ausdruck (4) nicht nur die Bedeutung eines Geschwindigkeitsquadrates besitzt, sondern daß wirklich

$$\frac{C^2}{\epsilon \mu} = v^2. \quad (4a)$$

geschrieben werden kann, wo v die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen im Medium $\epsilon \mu$ bedeutet.

Die 3 gebräuchlichen theoretischen Maßsysteme des Elektromagnetismus gründen sich nun auf folgende Annahmen:

Wert von	ergibt	
$\epsilon = \epsilon \quad \mu = \mu \quad C = (c)$	GAUSS'sches (LORENTZ'sches)	} Maßsystem
$\epsilon' = \epsilon \quad \mu' = \left(\frac{\mu}{c^2}\right) \quad C' = 1$	Elektrostatisches	
$\epsilon'' = \left(\frac{\epsilon}{c^2}\right) \quad \mu'' = \mu \quad C'' = 1$	Elektromagnetisches	

Hierbei bedeuten die eingeklammerten Werte diejenigen, die sich nach Wahl der beiden anderen (nicht eingeklammerten) aus Beziehung (4a) ergeben. C erhält für $\epsilon = \mu = 1$, d. h. für das Vakuum, den Wert c (Vakuumlichtgeschwindigkeit).

Man erkennt, daß c explicite nur im GAUSS'schen System auftreten wird und in den beiden anderen nur implizite in μ' bzw. ϵ'' enthalten ist. Die Gleichheit der Formeln im statischen und magnetischen Maßsystem findet ferner ihre Begründung darin, daß in beiden Systemen $C = 1$ gesetzt ist, wodurch schon (4a) gleichlautende Form erhält. Um also eine Formel auf das Maßsystem zu diagnostizieren, wird man erst feststellen, ob c auftritt. Ist das der Fall, so liegt das GAUSS'sche System vor; ist c nicht vorhanden, dann können zunächst alle 3 Systeme vorliegen. Das GAUSS'sche ist indessen dann ausgeschlossen, wenn in der betreffenden Formel elektrische und magnetische Größen gleichzeitig enthalten sind (Beispiel: BIOT-SAVART'sches Gesetz).

Unbequem sind im elektrostatischen und elektromagnetischen Maßsystem die überaus kleinen Werte von μ' bzw. ϵ'' . Diese lassen sich jedoch dadurch umgehen, daß man nicht die Absolut-, sondern die Relativwerte gegenüber dem Vakuum angibt, also $\frac{\mu'}{\mu_0}$ statt μ' und $\frac{\epsilon''}{\epsilon_0}$ statt ϵ'' , wodurch man die üblichen Zahlenangaben erhält.

Beachtenswert ist der Umstand, daß die Dimensionen der D.-K. und der Permeabilität je nach dem Maßsystem verschieden sind. Zumeist sind es zwar reine Zahlen. Nur im elektrostatischen System ist die Permeabilität ein reziprokes Geschwindigkeitsquadrat und im elektromagnetischen System ist es die D.-K. Während dementsprechend die D.-K. des Vakuums im elektrostatischen System den Wert 1 besitzt, hat sie im elektromagnetischen System den Wert $\frac{1}{c^2}$.

Es wird vielleicht der Umstand interessieren, daß der Wert der D.-K. für das Vakuum (ϵ_0'') ohne Kenntnis von c gefunden werden kann. Natürlich läßt sich dann umgekehrt aus dem so bestimmten Wert von ϵ_0'' nach der Beziehung $\epsilon_0'' = \frac{1}{c^2}$ die Lichtgeschwindigkeit c berechnen. Über diese Methode zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit ist seinerzeit berichtet worden¹. Hier soll wenigstens der Weg skizziert werden. Man bringt, um ϵ_0'' bestimmen zu können, in ein Vakuum hinein eine Elektronenwolke. Die Dielektrizität des Raumes wird hierdurch nur unmerklich wenig geändert. Auf die Raumladung wendet man nun die Poisson'sche Gleichung an:

$$\epsilon_0'' \Delta V'' = -4\pi \rho'', \dots \dots \dots (6)$$

$V'' =$ Potential, $\rho'' =$ Raumladungsdichte (beides elektromagnetisch gemessen). Da $\Delta V''$ und ρ'' sich nicht direkt bestimmen lassen, stellt man einen Raumladungsstrom J'' her zwischen einem heißen Draht (Glühelatronen) und einer kalten Elektrode. Mit Hilfe der Poisson'schen Gleichung leitet man die Formel für die Raumladungscharakteristik ab (SCHOTTKY-LANGMUIRSche Formel). Diese enthält dann ebenfalls ϵ_0'' . Die übrigen Größen dieser Formel (V'' , J'' und e''/m) sind nun leicht zu messen, so daß sich dann das als unbekannt vorausgesetzte ϵ_0'' berechnen läßt. Weiterhin folgt dann das gesuchte c . Die bisherigen Methoden zur Bestimmung dieser Größe, welche die Messung der elektrischen Ladung, der Stromstärke, der Spannung, des Widerstands oder der Kapazität in beiden Maßsystemen zur Grundlage haben², werden hiermit um eine weitere vermehrt, welche sich der D.-K. bedient.

Zum Schluß wollen wir uns noch die Frage nach dem Wert der D.-K. und der Permeabilität im sog. praktischen Maßsystem stellen. In diesem System ist die Festsetzung getroffen, daß alle magnetischen Größen gleich wie im elektromagnetischen Maßsystem gemessen werden sollen; ferner, daß alle elektrischen Energien in Joule anzugeben sind. Weiterhin werden gewisse Umrechnungsfaktoren festgesetzt, z. B. 1 Volt = 10^8 elektromagnetische Einheiten und 1 Ampere = 10^{-1} elektromagnetische Einheiten³. Daraus folgt unmittelbar, daß $\mu^\times = \mu$ zu setzen ist (\times bedeutet im praktischen Maßsystem gemessen). Aber welches ist nun der Wert und die Dimension von ϵ^\times ? Wir haben

Energiedichte	$\frac{\epsilon \mathfrak{E}^2}{8\pi} = \frac{\epsilon^\times \mathfrak{E}^{\times 2}}{8\pi} 10^7 \text{ erg/cm}^3,$	(7)
d. h.	$\epsilon^\times = \epsilon \left(\frac{\mathfrak{E}}{\mathfrak{E}^\times} \right)^2 10^{-7}.$	
Da $\mathfrak{E} = \frac{\partial V}{\partial n}$, so ist auch	$\epsilon^\times = \epsilon \left(\frac{V}{V^\times} \right)^2 10^{-7},$	
und da	$\frac{V}{V^\times} = \frac{1}{300} = \frac{10^8}{c},$	
so folgt	$\epsilon^\times = \epsilon \left(\frac{10^8}{c} \right)^2 10^{-7} = \frac{\epsilon}{c^2} 10^9 = \epsilon'' 10^9.$	

¹ H. GREINACHER: Z. f. Physik, 10, S. 63 (1922).

² Vgl. KOHLRAUSCH: Lehrbuch der praktischen Physik, S. 666 (1927).

³ Man beachte übrigens, daß, wenn der Wert irgend einer Einheit angegeben wird (z. B. 1 Amp. = 10^{-1} elektromagnetische Einheiten), dann bei einer Umrechnung der Maßzahlen (z. B. J'' in J^\times) die Zahlenfaktoren reziprok anzusetzen sind. In unserem Beispiel: $J^\times = 10^{+1} J''$.

Die D.-K. des Vakuums wäre also im praktischen Maßsystem $\epsilon_0^\times = 1,11 \dots 10^{-12}$, also, wenn schon wesentlich größer als ϵ_0'' , so doch noch „unpraktisch“ klein. Auch hier empfiehlt sich daher die Angabe der Relativwerte gegenüber dem Vakuum. Überhaupt hat die Bezeichnung „praktisches System“ nur die Bedeutung „in der Praxis verwendetes System“, aber keinesfalls den Sinn, daß es etwa besonders rationell und harmonisch sei. Im Gegenteil; es ist alles andere als einheitlich befriedigend. Z. B. verlieren die Formeln zumeist ihre einfache Fassung infolge des Auftretens willkürlich erscheinender Zahlenfaktoren. So lautet das elektrostatische COULOMBSche Gesetz, wie leicht zu zeigen:

$$K = 10^7 \frac{e_1^\times e_2^\times}{\epsilon^\times r^2} \text{ Dyn.} \dots \dots \dots (8)$$

Aber nicht nur das, sonst durchaus gleichwertige Formeln können verschiedene Zahlenfaktoren aufweisen. So schreibt sich, wegen der einseitigen Bevorzugung der magnetischen Größen, das magnetostatische COULOMBSche Gesetz wieder in der einfachen Form

$$K = \frac{m_1^\times m_2^\times}{\mu^\times r^2} \text{ Dyn.} \dots \dots \dots (8a)$$

Besonders unschön tritt diese Ungleichheit bei Ausdrücken hervor, wo elektrische und magnetische Größen nebeneinander auftreten. Für die Energiedichte des elektromagnetischen Feldes haben wir beispielsweise den inhomogenen Ausdruck:

$$\frac{\epsilon^\times \mathfrak{E}^{\times 2}}{8\pi} 10^7 + \frac{\mu^\times \mathfrak{H}^{\times 2}}{8\pi} \text{ erg/cm}^3 \dots \dots \dots (9)$$

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß mit den Annahmen $\mu^\times = \mu$ und $\epsilon^\times = \frac{\epsilon}{c^2} 10^9$ auch die dritte Fundamentalgröße C , der Faktor des POYNTINGschen Vektors, nach (4a) bestimmt ist. Man erhält:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{C^\times}{\sqrt{\epsilon^\times\mu^\times}} = \frac{C^\times}{\sqrt{\mu \frac{\epsilon}{c^2} 10^9}}, \left. \dots \dots \dots (10) \right\}$$

$$C^\times = \sqrt{10^9},$$

d. h. also einen Wert, der durchaus nicht sinnvoll erscheint. Doch, das ist ja auch nicht zu erwarten bei einem nur auf praktische Bedürfnisse eingestellten System. Daß ein solches sich kaum etwa zu einer Darstellung der Theorie des Elektromagnetismus eignen dürfte, ist nach allem ohne weiteres verständlich. Hierfür wird man stets das GAUSSsche bzw. LORENTZsche Maßsystem mit seiner harmonischen Grundlage (Gleichberechtigung der elektrischen und magnetischen Größen) bevorzugen.

Magnetisches Drehfeld und Drehfeldversuche mit einfachsten Hilfsmitteln.

Von P. Serf in Düsseldorf.

Wo kein Drehstrom als Netzstrom zur Verfügung steht, kann zu Versuchen mit dem magnetischen Drehfeld der WEINHOLDSche Demonstrationsapparat (diese Zeitschrift Bd. 6, 1892, S. 7) benutzt werden, der aber viel Zeit zu seiner eigenen Erklärung in Anspruch nimmt und den Nachteil hat, daß die freistehende Drahtspirale leicht in Unordnung kommt. Besser eignet sich dazu die jedenfalls in vielen Sammlungen vorhandene Universaldynamomaschine (LEYBOLDS Katalog Nr 4171), wenn man sie als Gleichstrom-Drehstromtransformator verwendet. Man führt Gleichstrom von 10 bis 35 Volt durch die Hauptklemmen ein und nimmt von 3 Nebenklemmen Drehstrom ab. Der durch den Kollektor in die Feldmagnetwicklung und den Anker fließende Gleichstrom läßt nach Abnahme der Treibriemen den Anker als Motor laufen, und

man kann durch Bremsen mit der Hand an der auf der Ankerachse sitzenden Riemenscheibe den Drehstrom bei ausreichender Stromstärke beliebig langsam ablaufen lassen und sämtliche Drehfeldversuche damit anstellen. Benutzt man diese Maschine dagegen als Drehstromgenerator, so erhält man Drehstrom von ausreichender Stärke erst bei hoher Umdrehungszahl und entsprechend hoher Frequenz des Drehstroms, bei welcher man z. B. den Verlauf des Drehstroms bei 3 Glühlampen in Stern- oder Dreieckschaltung nicht nachweisen kann.

Wo auch dieses Hilfsmittel fehlt, arbeitet man zweckmäßig mit folgenden ganz einfachen Hilfsmitteln. In eine passende Gabel aus Holz, die mit einem schwach konischen Stiel versehen ist, klemmt man einen Stahlmagneten in Hufeisenform — hierzu eignet sich besonders gut der vor kurzem von LEYBOLD herausgebrachte, sehr kräftige Kobaltstahl-Magnet — und schiebt den Stiel drehend in die durchbohrte Achse der Schwungmaschine hinein, bis er fest darin hält. Die Schwungmaschine stellt man dabei auf einen Kasten von etwa 15 cm Höhe. Dreht man nun die Schwungmaschine, so bekommt man unter den Polen des Magneten bzw. zwischen denselben ein starkes rotierendes magnetisches Feld, dessen Umdrehungsgeschwindigkeit man mit der Hand beliebig regeln kann. Es rotiert dann eine, in ziemlichem Abstand darunter auf Spitze gestellte Magnetnadel, wenn man langsam zu drehen beginnt, synchron mit dem Magnetfeld, besser noch eine Nadel aus Weicheisen, die durch Influenz zu einem Magneten wird und weniger leicht aus dem Takt kommt. Noch gleichmäßiger rotiert die dem WEINHOLDSchen Apparat beigegebene kreisförmige Weicheisenscheibe, die überhaupt nicht aus dem Takt kommen kann, da ihre Influenzpole immer den entgegengesetzten Polen des rotierenden Hufeisenmagneten gegenüberliegen oder doch nur wenig hinter ihnen zurückbleiben, da sie immer neu erzeugt werden. Diese Scheibe rotiert auch dann, wenn sie seitlich in einer Entfernung von 5 bis 10 cm von dem rotierenden Magneten aufgestellt wird, jetzt natürlich im entgegengesetzten Sinne. Leicht rotiert auch das Modell eines Kurzschlußankers, welches zum WEINHOLDSchen Apparat gehört, bestehend aus einem eisernen Ring mit Grammwicklung, wenn es in passender Entfernung unter den rotierenden Magneten gestellt wird.

Bei diesem Kurzschlußankermodell wurde es wohl von vielen schon als Mangel empfunden, daß der experimentelle Nachweis dafür fehlte, daß die Windungen des Kupferdrahts die Wirkung des Drehfeldes auf den Eisenring verstärken, und man sich dabei auf die theoretische Erklärung, die das LENZsche Hemmungsgesetz liefert, beschränken mußte. Man kann nun aber leicht ein kleines Ankermodell mit Holzring anstelle des Eisenringes herstellen und mit Grammwicklung versehen. Es genügt ein Garnröllchen, das man mit etwa 20 Windungen dünnen Kupferdrahtes wie beim Grammring bewickelt und dessen Enden man miteinander verbindet. In die freibleibende innere Durchbohrung steckt man ein einseitig zugeschmolzenes Glasröhrchen von passender Dicke. Den so erhaltenen kleinen Apparat, der gewissermaßen eine isolierte Grammwicklung darstellt, stellt man auf eine Spitze und zwischen die Pole des rotierenden Magneten auf. Dabei ergibt sich nun, zunächst wider Erwarten, daß das Drehfeld auf ihn keinerlei Wirkung ausübt: er dreht sich nicht. Dieser Versuch mit negativem Erfolge stellt eine gute Denkaufgabe für die Schüler dar, die sie lösen können, wenn sie den Fortschritt in der historischen Entwicklung vom Grammring zum Trommelanker verstanden haben. Da die magnetischen Kraftlinien den Holzring ungehindert durchsetzen, haben die Induktionsströme in dem äußeren und inneren Teil einer jeden Windung entgegengesetzte Richtung und heben sich daher gegenseitig auf, während der Eisenring die Kraftlinien aufsaugt und die Ströme nur in den außenliegenden Windungsstücken entstehen, die inneren aber lediglich zur Weiterleitung dienen. Stellt man nun aus einem zweiten Garnröllchen ein neues Modell her mit Trommelankerwicklung, wobei man das Glasröhrchen an beiden Enden etwa $\frac{1}{2}$ cm überstehen läßt, damit die Wicklung nicht abrutscht, so hat man den gewünschten Erfolg. Der kleine eisenlose Anker rotiert lebhaft im magnetischen

Drehfeld. Daß der durch den rotierenden Magneten erzeugte Luftwirbel nicht die Ursache der Drehung des Ankermodells ist, geht schon aus dem gänzlichen Mißerfolg mit dem vorigen Modell hervor; man kann es aber auch dadurch beweisen, daß man über den kleinen Apparat eine schmale Glasglocke setzt. Der Kurzschlußanker des Drehstrommotors wird meist so gebaut, daß auf den Eisenkern dicke Kupferstäbe aufgelegt werden, die an den Enden durch Kupferringe miteinander verbunden sind. Die Wirkung der starken Induktionsströme, welche in diesen fast widerstandslosen Kupferstäben entstehen, zeigt sich sehr auffallend, wenn man auf den Mantel eines kleinen Hohlzylinders aus Holz nur 6 Stücke aus 2 bis 3 mm dickem Kupferdraht auflegt und die Enden durch je ein angelötetes Kupferband verbindet. Dieses Modell rotiert noch leichter als das vorhergehende, auch bei ganz langsamer Drehung des Magneten; es ist als eine Vereinfachung und Verbesserung der Trommelankerwicklung anzusehen. — Daß auch die FOUCAULTSchen Ströme im Eisenkern des Kurzschlußankers ein Drehmoment für denselben liefern, zeigt man leicht mit einer kreisförmigen Kupferplatte, die mit Hütchen auf Spitze unter den rotierenden Magneten gestellt, ebenfalls zu rotieren beginnt, was übrigens eine bekannte Form des ARAGOSchen Versuches ist¹.

Ein billiger Oszillograph.

Von Oberstudienrat F. Berger in Fürth i. B.

Das Kennzeichnende der Konstruktion ist die Anwendung einer festen Spule im Felde eines Dauermagneten, die auf einen in diesem Felde befindlichen vibrationsfähigen Magnet mit Spiegel wirkt. Nach mehrfachem Umkonstruieren hat diese Idee folgende Ausführungsform angenommen:

Zwischen die Schenkel *NS* (Fig. 1) eines Dauermagneten (Schenkellänge etwa 5 cm, Maulweite etwa 3 cm) wird ein Brettchen *B* von etwa 1 cm Dicke eingepaßt,

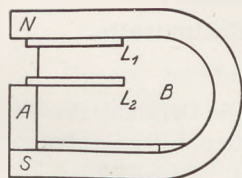


Fig. 1.

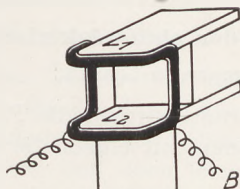


Fig. 2.

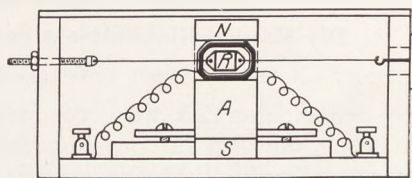


Fig. 3.

so daß noch Raum für einen Polschuh *A* bleibt, welcher die Maulweite des Magneten auf etwa 16 mm verringert. In einen Schlitz dieses Brettchens ist eine etwa 1 mm dicke Lamelle *L₁* (Holz) eingeleimt; eine gleiche Lamelle *L₂* ist oben aufgesetzt, so daß ihre Enden oben und unten in die verbleibende Maulöffnung des Magneten hereinsagen. Zwischen ihnen ist das Brettchen *B* noch etwas ausgeschnitten. An den Vorderkanten der Lamellen wird dann, wie Fig. 2 zeigt, die Spule befestigt, etwa durch Anbinden. Die Gestalt der Spule geht wohl aus der Figur deutlich genug hervor, so daß sich eine Beschreibung erübrigt.

Vorteilhaft richtet man das Brettchen *B* so ein, daß man unten noch ein größeres Stück eines dünnen Brettchens (etwa vom Boden einer Zigarrenkiste) unterschieben kann, welches auf beiden Seiten des Magneten übersteht. Man kann damit dann den Magnet sehr bequem auf dem Grundbrett (etwa 20 × 10 cm) anschrauben. An den Schmalseiten des Grundbrettes bringt man 2 Seitenwände von solcher Höhe an, daß man über das Ganze einen dünnen Deckel legen kann. Die so erzielte Kastenform ist einerseits genügend fest, andererseits sehr praktisch für die Aufstellung in allen

¹ Die ganze Apparatur wird auf Wunsch auch von der Firma E. Leybolds Nachf. A. G. Köln, Bonner Straße 500, geliefert.

möglichen Lagen. Die Seitenwände erhalten je eine Bohrung, deren Achse durch die Mitte der verbliebenen Maulöffnung des aufmontierten Magneten geht. Eine Bohrung nimmt eine feingängige Mutterschraube auf, die als Spannschraube dient, die andere Bohrung erhält einen größeren Durchmesser (etwa 1 cm). Hier legt man außen lose ein genügend großes Brettstückchen auf, das mit einem Haken versehen ist. Zwischen diesem Haken und der Spannschraube spannt man nun (siehe Fig. 3) einen dünnen Draht (etwa 0,2 mm Kupferdraht), der in der Maulöffnung des Magneten den Vibrationsmagnet mit aufge kittetem Spiegel (Größe etwa 1×1 cm) trägt. Der „Vibrationsmagnet“ braucht nicht aus Stahl zu sein, ein Stück dünnes Weißblech genügt. Die Befestigung auf dem Spanndraht geschieht sehr einfach dadurch, daß man diesen durch zwei passende Löcher im Blechstück durchzieht. Durch Verschieben des Hakens in der weiten Durchbohrung kann man es dann in jeder Stellung leicht erreichen, daß der Vibrationsmagnet im freien Raum der Spule frei schwingt. Bei dünnem Draht (z. B. 20 Windungen 0,2 mm Kupferdraht) stellt man diese zuerst als Rundspule her, legt ihre Windungen durch Tränken mit Schellacklösung fest und gibt ihr dann vor dem völligen Hartwerden die nötige Form.

Die Anfertigungszeit für das Stück beträgt etwa 4 Stunden, das Material (Magnet) kostet etwa 3 Mk. Mit 2 gekreuzten Exemplaren lassen sich sehr bequem die Lissajous-Figuren bei Phasenverschiebung zeigen; legt man zwei Exemplare mit den Deckeln aufeinander, so kann man durch Drehen der Kästen bzw. der Spiegel mittels der Spanndrähte sehr leicht zwei Oszillogramme im rotierenden Spiegel genau aufeinander legen. Hier kommt dann die eigentümliche unsymmetrische Lage der Spiegel zur Geltung; sie ermöglicht nämlich, die Spiegelchen der zwei Apparate einander sehr nahe zu bringen, was die Beleuchtung derselben erleichtert. Versieht man einen Apparat mit einer Doppelspule, deren Windungen man mit Wechselströmen verschiedener Frequenz beschickt, so kann man direkt die Übereinanderlagerung zweier Schwingungen zeigen.

Die Empfindlichkeitssteigerung der photoelektrischen Kaliumzelle.

Von F. Könnemann in Glogau.

Seit einiger Zeit wird von den Lehrmittelfirmen die Photozelle Original Preßler vertrieben, die sich für Schuldemonstrationen mit einem der üblichen Spiegelgalvanometer der Empfindlichkeit von etwa 10^{-8} recht gut eignet. Immerhin ist die Empfind-

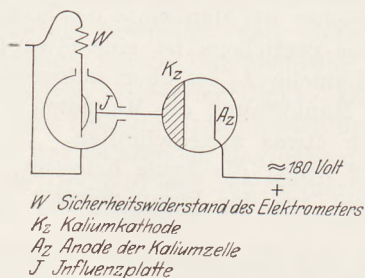


Fig. 1.

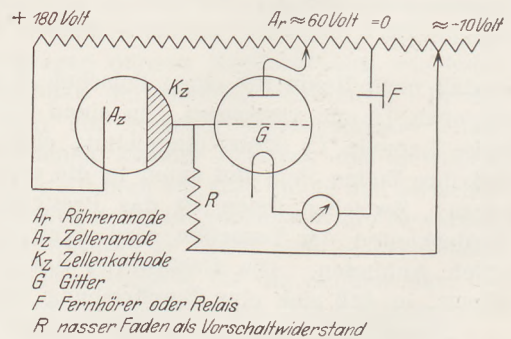


Fig. 2.

lichkeit derart, daß für schwächere Lichtquellen, etwa eine Normal-Hefnerkerze, ein brennendes Streichholz u. ä. m. eine sehr genaue Ablesung nicht mehr möglich ist. In solchen Fällen läßt sich zum Zwecke einer ganz gewaltigen Empfindlichkeitssteigerung recht gut das heute schon in vielen Sammlungen vorhandene WULFSche Universal-elektroskop verwenden (diese Zeitschrift 38, 217; 1925 und 40, 264; 1927). Die Schaltung ist oben angegeben (Fig. 1). Das Elektrometer sichert man durch den

dazugehörigen $10^5 \Omega$ Widerstand W . Die Spannung beträgt wie üblich etwa 180 Volt und kann dem Lichtnetz bzw. der Schalttafel entnommen werden. Die Influenzplatte J ist mit der Kalium-Kathode K_Z der Zelle verbunden; man schiebt sie so weit heran, bis die „Tropfwirkung“, das periodische An- und Abspringen des Bändchens, bei Belichtung erfolgt. Durch Spannungsregulierung und Verschieben der Influenzplatte läßt sich die Empfindlichkeit in weiten Grenzen variieren, z. B. ist jetzt die Wirkung eines Streichholzes in 6 m Abstand sofort deutlich erkennbar. Auf der Photometerbank stellt man natürlich auf gleiches Sprungtempo nach beiden Seiten ein, indem man die Sprünge etwa in 30 Sekunden zählt. Man hat hierbei den Vorteil, daß bei Verwendung einer Hefnerkerze das bei Messungen im Unterricht nie ganz vermeidbare Flackern sich heraus „integriert“. Eine andere allgemein bekannte Verstärkungsmöglichkeit, die sehr leicht mit Schulmitteln zu ermöglichen ist, ist das Röhrenrelais (Fig. 2). Die Schaltung hat technische Bedeutung für den Tonfilm und als Einbruchsalarmwecker. Die Teilspannungen entnehmen wir einfach zwei hintereinander geschalteten und an das Gleichstromnetz angeschlossenen Schiebewiderständen. R ist der Widerstand, über den dem Gitter die negative Vorspannung zugeführt wird; er muß so groß sein, daß der in ihm abfließende Photostrom einen für die Röhre merklichen Spannungsabfall erzeugt. Sehr geeignet ist ein sehr dünner Bindfaden oder Zwirnsfaden, der nach Anfeuchten mit Wasser sofort die verlangte Widerstandsgrößenordnung aufweist, jedenfalls beim langsamen Eintrocknen von selbst das Optimum erreicht. Man kann den Röhrenstrom so bei Belichtung bequem von fast 0 auf 1 bis 2 Milliamp. bringen, genügend, eines der sehr empfindlichen Postrelais (die als Altmaterial von der Post ganz billig an Schulen abgegeben werden) und damit eine Klingel in Bewegung zu setzen, oder schnelle Lichtblitze etwa eines Drehspiegels, die auf die Zelle fallen, im Fernhörer als lauten Ton wahrzunehmen.

Gasvolumetrische Versuche in den Schülerübungen.

Von Dr. Josef Klima in Waidhofen a. d. Thaya.

Unsere gebräuchlichen Gasbüretten und -pipetten sind wegen ihrer Kostspieligkeit, ihrer Glashähne usw. für die Hand des Schülers nicht geeignet. Es lassen sich aber aus Büretten für Maßanalyse (mit Quetschhahn) Apparate zusammenstellen, die sehr genaue Resultate liefern und doch leicht zu handhaben sind. Man braucht nur zwei Büretten durch einen Schlauch zu verbinden und die eine von ihnen mit einem Gummistopfen zu verschließen, in dem ein T-Rohr steckt. Diese einfache Apparatur läßt sich für eine ganze Reihe von Versuchen verwenden.

Als Beispiel seien verschiedene Versuche gewählt, die das Verhältnis von Wasserstoff zu Sauerstoff bestimmen. Führen verschiedene Schülergruppen diese Versuche gleichzeitig durch, so bekommt man mit der Synthese des Wassers aus Knallgas als Demonstrationsversuch ein wirklich durchgeführtes Beispiel des Gesetzes der bestimmten Gewichtsverhältnisse.

I. Verhältnis zwischen Wasserstoff und Sauerstoff mittels Magnesium.

a) Verhältnis von Wasserstoff und Magnesium (Fig. 1). Ein Ansatzreagensglas, das 2 cm hoch verdünnte Salzsäure enthält (andere Schüler lasse ich gleichzeitig mit verdünnter Schwefelsäure arbeiten!), wird mit einem durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen. In diesem steckt ein Glasstab, der zur Spitze ausgezogen und zu einem Haken umgebogen ist. An diesen Haken kommen 5 cm Magnesiumband, dann wird das eine Ende des T-Rohres der Meßbürette mit dem Ansatzreagensglas verbunden, das zweite Ende erhält einen Schlauch mit Quetschhahn, der Wasserstand im Meßrohr wird auf 0 gestellt und der Quetschhahn geschlossen. Durch Neigen und Schütteln des Reagensglases bringt man das Magnesium mit der Salzsäure

zur Reaktion, stellt dann auf gleiches Niveau und liest das Wasserstoffvolumen ab. (1 cm Magnesiumband liefert ungefähr 7 cm^3 Wasserstoff.)

b) Verhältnis von Sauerstoff und Magnesium (Fig. 2). In das Reaktionsgefäß (ein etwa 8 mm dickes schwer schmelzbares Glasrohr) kommen wieder 5 cm Magnesiumband, das eine Ende wird mit Gummischlauch und Quetschhahn verschlossen, das zweite mit dem T-Rohr verbunden, dessen anderes Ende an den Sauerstoffgasometer angeschlossen ist. Dazwischen ist, des Druckausgleiches wegen, noch ein T-Rohr eingeschaltet, dessen

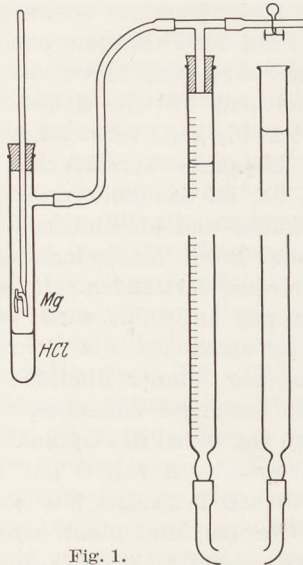


Fig. 1.

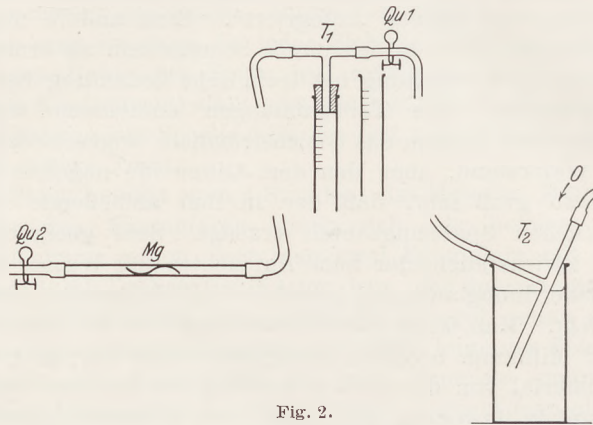


Fig. 2.

freies Ende in ein Gefäß mit Wasser taucht. (In den Übungen schließe ich nicht an den Gasometer an, sondern lasse den Sauerstoff durch Erhitzen von Kaliumpermanganat in einem Reagensglas herstellen. Damit das Wasser nicht rot gefärbt wird, hält ein Wattebausch knapp unterhalb des Stopfens die Staubeilchen zurück.)

Man hebt zuerst das Niveaurohr, bis das Wasser in das T-Rohr 1 steigt und leitet Sauerstoff durch, bis man ihn beim Quetschhahn 2 nachweisen kann, dann wird dieser geschlossen und durch Senken des Niveaurohres etwas mehr Sauerstoff in die Bürette gefüllt, als früher (Versuch a) Kubikzentimeter Wasserstoff entstanden. Quetschhahn 1 wird nun geschlossen, der Sauerstoffstrom bei T-Rohr 2 abgeschaltet und unter vorsichtigem Lüften des Quetschhahns 1 genau auf die frühere Wasserstoffmenge eingestellt. Das Magnesium wird jetzt durch Erhitzen zur Reaktion gebracht und nach dem Erkalten der Verbrauch von Sauerstoff abgelesen. Er ist etwas weniger als die

Hälfte des früher entwickelten Wasserstoffs. (Das Magnesium wirkt nämlich auch reduzierend auf die Glaswandung, Schwarzfärbung.) Das Magnesiumband soll möglichst wenig der Glaswandung anliegen.

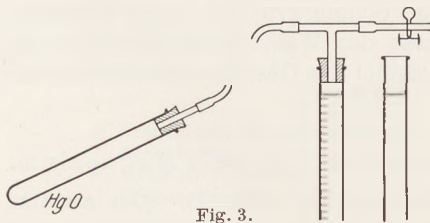


Fig. 3.

II. Mit Quecksilber.

a) Quecksilberoxyd zu Sauerstoff (Fig. 3). Etwa 0,3 bis 0,4 g Quecksilberoxyd

werden in ein schwer schmelzbares Reagensglas gebracht, dieses mit Gummistopfen und Glasrohr an das T-Rohr der Niveaubürette angeschlossen, auf Null eingestellt und das zweite Ende mit Quetschhahn verschlossen. Durch Erhitzen wird das Quecksilberoxyd vollständig zersetzt und nach Erkalten das Sauerstoffvolumen abgelesen.

b) Quecksilberoxyd zu Wasserstoff (Fig. 4). Die gleiche Menge Quecksilberoxyd kommt in das Ansatzreagensglas, das mit Stopfen und Glasrohr an das

T-Rohr angeschlossen wird. Nun wird ebenso Wasserstoff durchgeleitet, wie bei Versuch I b Sauerstoff, dann nach Knallgasprobe Hahn 2 geschlossen und 50 ccm Wasserstoff eingefüllt. Durch vorsichtiges fächelndes Erhitzen (wird zu rasch erhitzt, so ist Knallgasbildung nicht ausgeschlossen) reduziert man nun das Quecksilberoxyd. Die Wägungen können mit Schülern waagen durchgeführt werden, da infolge des hohen Atomgewichtes von Quecksilber Wägefehler keine große Rolle spielen.

III. Mit Kupfer.

a) Kupferoxyd zu Wasserstoff (Fig. 2). In die schwer schmelzbare Röhre werden einige Körnchen Kupferoxyd (0,12 bis 0,15 g) eingefüllt und mit einem bestimmten Volumen Wasserstoff reduziert.

b) Kupfer zu Sauerstoff. Nach dem Erkalten wird der Wasserstoff in der Apparatur durch Sauerstoff ersetzt und das reduzierte Kupfer wieder oxydiert.

Die Volumenabnahmen geben auch hier wieder das Verhältnis von Sauerstoff zu Wasserstoff.

Da nur geringe Substanzmengen verwendet werden, sind diese Versuche sehr rasch durchgeführt, dabei aber doch genau. Erwähnen möchte ich noch, daß die Bürette, die als Niveaurrohr dient, besser durch ein ebenso langes und weites Glasrohr ersetzt wird, damit mehr Apparate für die Schüler zur Verfügung stehen.

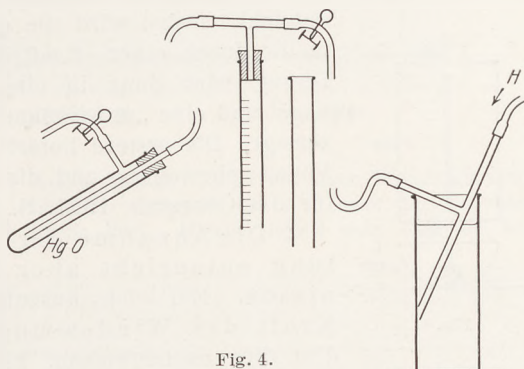


Fig. 4.

Für die Praxis.

Zwei einfache Schülerübungen. Von W. Siebeling in Berlin-Steglitz.

a) Zum Archimedischen Prinzip. Als erste Schülerübung zum Archimedischen Prinzip empfehle ich folgende einfache Versuchsreihe:

Man lasse eine und dieselbe dickwandige Flasche, mit drei verschiedenen schweren Füllungen belastet, gut verkorkt in Luft und in Wasser wägen. Die Schüler finden, daß sie jedesmal um den gleichen Betrag leichter wird. Läßt man nun noch im Überlaufgefäß die verdrängte Wassermenge ermitteln, so finden sie wiederum dieselbe Zahl und damit das Gesetz: Der scheinbare Gewichtsverlust eines Körpers ist gleich dem Gewicht der verdrängten Wassermenge.

Die Versuchsreihe ist später mit anderen Flüssigkeiten zu wiederholen. — Als Füllungen eignen sich größere Metallkugeln, die sich nötigenfalls leicht trocknen lassen.

b) Zur Bestimmung des spezifischen Gewichts. Eine einfache Bestimmung des spezifischen Gewichts ohne Wägung ist die folgende:

Man läßt ein Reagenzglas von etwa 25 ccm Inhalt von den Schülern dadurch kalibrieren, daß sie erst 10, dann 20 ccm Wasser einfüllen, den Abstand der beiden Marken in 10 gleiche Teile teilen und diese Teilung nach unten fortsetzen. Nun bringt man ein so großes Stück Stangen-zink in das Glas, daß es in Wasser tief einsinkt, markiert die Stelle und füllt an Stelle des Zinks jetzt so viel Wasser in das Glas, daß es bis zur gleichen Marke wie vorhin eintaucht.

Das Volumen des Zinks läßt man durch Steigen des Wassers in demselben Reagenzglas ermitteln. Dann ist das spezifische Gewicht des Zinks

$$s = \frac{\text{Volumen des Wassers}}{\text{Volumen des Zinks}}$$

Segeln und Kräfteparallelogramm. Von K. Hauseholz in Potsdam.

Als Anwendung des Satzes vom Kräfteparallelogramm erfreut sich in den Lehrbüchern das Segelproblem großer Beliebtheit, obwohl die Wirkung des Windes auf das Segel ein hydrodynamischer Vorgang ist, der sich der statischen Behandlung entzieht. Dabei wird die auf das Segel wirkende Kraft des Windes meist durch einen Kraftpfeil in Richtung des Windes dargestellt. Dieser wird dann in eine „wirksame“ Komponente senkrecht zum Segel und eine „unwirksame“ Komponente in Richtung der Segelfläche zerlegt. Die erstere liefert bei weiterer Zerlegung die Kräfte für die Vorwärtsbewegung und die Abtrift. (Vgl. z. B. KLEIBER-NATH, Physik für die Oberstufe 1927, S. 258.)

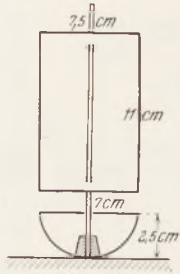


Fig. 1.

Die Annahme der wirksamen Kraft in der Windrichtung entspricht aber nicht den vorliegenden Verhältnissen. Ein leicht auszuführender Versuch zeigt vielmehr, daß die Kraft des Windes ungefähr senkrecht zum Segel wirkt. Um dies nachzuweisen, klebt man in eine möglichst halbkugelige Porzellanschale von etwa 7 cm Durchmesser und 2,5 cm Höhe einen Kork, steckt in diesen einen etwa 15 cm hohen Mast und befestigt hieran ein aus dünner Pappe geschnittenes Segel von 11 cm Höhe und 7,5 cm Breite (Fig. 1). Dieses nach Art eines Stehaufs gebaute Modell kann nun nach allen Richtungen gleichmäßig zum Neigen oder Kippen gebracht werden. Stellt man es auf den Tisch und bläst unter einem spitzen Winkel gegen das Segel, so neigt sich das Modell nicht in der Windrichtung, sondern senkrecht zur Segelfläche. Hieraus geht hervor, daß die durch den Wind auf das Segel ausgeübte Kraft senkrecht zum Segel wirkt. Tatsächlich wird der Wind durch das schräg stehende Segel abgelenkt und gleitet an ihm entlang. Hierbei erfolgt einmal eine Kompression der Luft vor dem Segel, sowie eine Verdünnung nebst Wirbelbildung dahinter, als deren Folge ein zur Segelfläche senkrechter Druck D entsteht (Fig. 2). (Vgl. von MISES, Fluglehre,

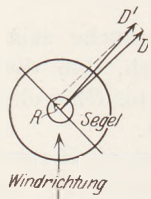


Fig. 2.

3. Aufl., S. 40, Berlin, J. Springer 1926.) Weiter findet zwischen dem Segel und der an ihm entlang strömenden Luft eine nicht zu vernachlässigende Reibung R statt, die auf das Segel eine im Vergleich zur reinen Winddruckkraft allerdings geringe Kraft in Richtung des Segels ergibt. Beide Kräfte setzen sich zu einer Resultierenden D zusammen, die gegen die Senkrechte auf dem Segel um einen geringen Winkel in Richtung des Windes abgelenkt erscheint. Bei dem beschriebenen Versuch tritt diese Abweichung von der Lotrichtung infolge ihrer Kleinheit nicht hervor.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Erschütterungsaufzeichnungen mittels eines Galvanometers als Demonstrationsversuch. Von K. FEUSSNER und H. LANDSBERG in Frankfurt a. M.

Anläßlich der Neuaufstellung eines kurzperiodischen Spiegelgalvanometers für das kurzperiodische Galitzinpendel auf dem Taunusobservatorium machten sich durch einen Zufall Eigenschwingungen des Galvanometers bemerkbar. Sie ließen sich weder durch meteorologische noch durch direkte seismische Einflüsse erklären, sondern lagen im Instrument selbst. Dieser Umstand bildete den Ausgangspunkt für eine kleine Reihe von Versuchen. Zweck der Untersuchungen war, die Einwirkung von Erschütterungen auf Galvanometer festzustellen.

Versuchsanordnung. Wir stellten ein MOLL'sches Mikrospiegelgalvanometer von Kipp & Zonen (Eigenperiode 0,2 sec.) auf eine starr mit der Hauswand verbundene Marmorplatte. Den Lichtstrahl einer Projektionslampe bildeten wir durch den Galvanometerspiegel wie üblich auf einem photographischen Registrierapparat ab. Die Entfernung des Galvanometers von der Registriertrommel betrug etwa 2 m. Bei den ersten Versuchen war der Galvanometerkreis geöffnet, später durch Widerstände bzw. durch einen dicken Kupferbügel kurz geschlossen. Zur Vermeidung von elektromagnetischen Einwirkungen wurde das Galvanometer in einen geerdeten Blechkasten gesetzt. Außerdem wurde bei den Registrierungen

ein weiterer Spiegel zur Kontrolle fest am Galvanometergehäuse angebracht, um eventuelle Schwankungen des ganzen Galvanometers zu erkennen.

Registrierraumes steht, hatte trotz einer Fallhöhe von etwa 1,50 m nur einen unwesentlichen Einfluß. Schließlich registrierten wir dann in einem

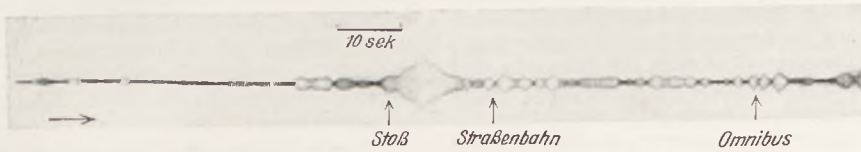


Fig. 1.

Registrierungen. Zuerst wurden die Versuche im zweiten Stockwerk 11 m über dem Erdboden vorgenommen. Fig. 1 zeigt die Registrierung des Galvanometers in ungedämpftem Zustand, und zwar sind auf dem Streifen die Einwirkungen der direkt am Hause vorüberfahrenden elektrischen Straßenbahn, des Omnibusses, sowie eines energischen Aufstampfens einer Person im Registrierraum ersichtlich. Diese Registrierung zeigt den Typus einer fast ungedämpften Resonanzschwingung. Fig. 2 zeigt ebenfalls Aufzeichnungen von Straßenbahnerschütterungen, wobei das Galvanometer in Kurve *a* durch 100 Ohm, in Kurve *b* durch etwa 0 Ohm kurzgeschlossen war. Hierbei ergeben sich dann im wesentlichen gedämpfte Schwingungen, besonders im letzten Fall, die wohl die tatsächlichen Perioden der

Keller, dessen direkt auf dem Hausfundament liegender Zementboden 3 m unter der Erdoberfläche liegt. Hierbei ergab sich, daß die Er-

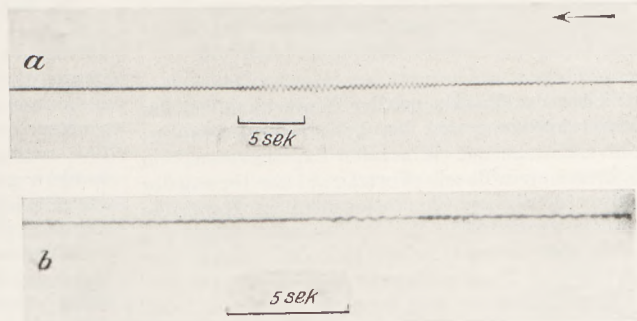


Fig. 2.

schütterungen der Straßenbahn keinen beobachtbaren Effekt hervorriefen. Dagegen wurden Fallversuche, die 4,50 m über dem Keller ausgeführt

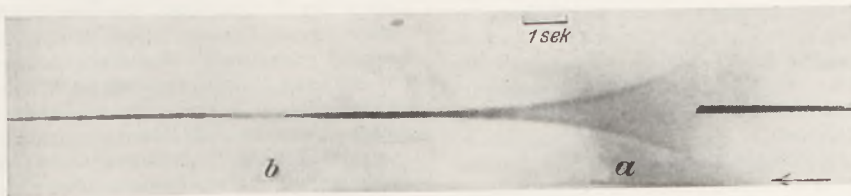


Fig. 3.

Bodenbewegung darstellen. Naturgemäß nehmen mit zunehmender Dämpfung die Amplituden ab.

Wir setzten dann unsere Versuche auf dem Steinboden eines direkt an der Straße gelegenen Raumes, etwa 1,50 m über dem Erdboden, fort. Es ergaben sich dabei, wie zu erwarten war, wesentlich kleinere Perioden. Außerdem machten wir dann mit einer etwa 3 kg schweren Holzkugel Fallversuche, deren Registrierung in Fig. 3 dargestellt ist. Und zwar rührt die Aufzeichnung bei *a* von einem Fall der Kugel im Registrierraum aus etwa 10 cm Höhe her, in der Entfernung 1 m vom Instrument; bei *b* von einem weiteren Fall der gleichen Kugel aus derselben Höhe in etwa 3 m Entfernung vor der geschlossenen Tür des Registrierraumes. Ein Fall auf der Haustreppe, deren Boden nicht in direktem Zusammenhang mit dem Fußboden des

wurden, aufgezeichnet, wobei erwähnt sei, daß unter der Decke, auf die die Kugel aufprallte, eine zweite Betondecke lag. Fig. 4 zeigt in Kurve *a* die Fallaufzeichnung bei einer Fallhöhe von 50 cm,

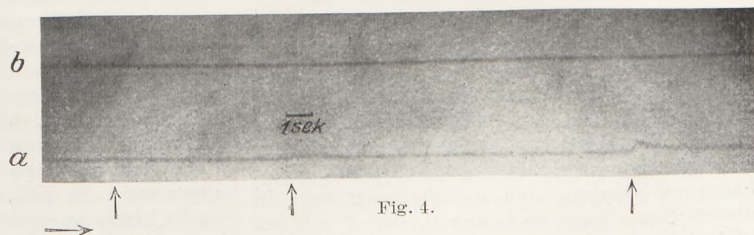


Fig. 4.

1 m und 1,70 m; Kurve *b* zeigt die unbeeinflusste Registrierung des Kontrollspiegels.

Bei einem aperiodisch gedämpften langperiodischen Galvanometer (Eigenperiode etwa 9,4 sec.) konnte fast kein Effekt beobachtet werden.

Absolute Werte der Bodenbewegung lassen sich aus den Registrierungen, abgesehen von den verhältnismäßig geringen Amplituden, vor allem

wegen der schwer übersehbaren theoretischen Verhältnisse nicht gewinnen. Dagegen scheint diese sehr einfache Anordnung bei Verwendung von kurzperiodischen Galvanometern zu Demonstrationszwecken geeignet zu sein und kann wohl auch für orientierende Vorversuche bei Erschütterungsmessungen angewandt werden. Die Tatsache, daß Galvanometer Ausschläge bei Erschütterungen zeigen, ist allerdings an sich nicht neu, interessant sind aber die oben angeführten Verhältnisse bei aperiodisch gedämpften Instrumenten.

Wir verweisen in diesem Zusammenhang auf frühere Beobachtungen an Magnetometern, die ähnliche Erscheinungen wie Galvanometer zeigen, wie uns Herr Prof. LENKE aus eigenen in Samoa gemachten Beobachtungen mitteilte¹.

*Meteorologisch-geophysikalisches Institut
in Frankfurt a. M.*

Über das Prinzip größter Einfachheit bei der Lehrerausbildung und den Volkshochschulkursen: Universalwalge mit einfachsten Experimenten. Von L. ZEHNDER in Basel. (Vortrag auf der Tagung der südwestdeutschen Chemiedozenten in Karlsruhe am 27. April 1930.)

In der Neuzeit haben sich die Gebiete der Physik und Chemie überaus entwickelt. Die Errungenschaften der von ihnen befruchteten Technik sind ungeheure. Man denke nur an die Erfolge mit Grammophon, Kino, Radio, Bildtelegraphie. Vorgänge, deren Kompliziertheit selbst der Fachmann bestaunt und bewundert, werden heute dem Volke fast als Selbstverständlichkeiten vorgeführt. Ihr Wesen wird sogar den Laien zu erklären versucht. Aber diese Kompliziertheiten der modernsten Errungenschaften haben die Blicke der Gelehrten zu sehr nach der größten Kompliziertheit gebannt. Statt wenigstens die tiefsten Grundlagen der Natur unter dem Gesichtspunkt des Prinzips größtmöglicher Einfachheit zu untersuchen, wird auch hier alles so verwickelt als möglich dargestellt. In der Physik herrschen ja zur Zeit die Mathematiker. In der Chemie wohl etwas weniger. Nun hat aber schon RIEMANN gezeigt, daß man sich mathematisch einen Raum von beliebig viel, von n Dimensionen denken und daß man für einen solchen Raum analoge Gleichungen aufstellen kann wie für den dreidimensionalen Raum. Dies ist unsere modernste Richtung in der Physik geworden. Dadurch werden aber Vieldeutigkeiten in den Raum hineingetragen, die dazu führen, daß z. B. vor kurzem ein Physiker an der Physikertagung in Prag allen Ernstes behauptet hat, man müsse sich in Zukunft davor hüten zu glauben, daß $a + b = b + a$ sei. In diesem Sinne kann er beweisen, daß $1 = 0$ ist. Man denke auch an die Substanzeigenschaften, die neustens sogar dem leeren Raum selber bei-

gelegt werden wollen, an die moderne Wellenmechanik, an die Auffassung des Elektrons als einer Wellenbewegung! Eine ungeheure Verworrenheit scheint die modernen Geister erfaßt zu haben und sie durchdringt allmählich unsere ganzen Völker. Diese Verworrenheit, diese Unklarheit führt nach meiner Überzeugung nicht in die Höhe, sondern in die Tiefe. Sie führt zum Zusammenbruch!

Diesem Verhängnis sollten sich alle Erzieher des Volks, namentlich die Lehrer, mit aller Macht entgegenstemmen. Rückkehr zur Natur, zur natürlichen Vorstellbarkeit, zur größtmöglichen Einfachheit sollte die Losung aller naturwissenschaftlichen Lehrer und aller Lernbegierigen sein.

In diesem Sinne habe ich vor ein paar Jahren für Basel einen Volkshochschulkurs über „Die Physik des täglichen Lebens“ vorgeschlagen und dann tatsächlich abgehalten. Meine Absicht ist, in kommenden Semestern analoge Universitätsvorlesungen zu halten; denn ich bin der Meinung, daß nicht nur die Studenten im allgemeinen, sondern ganz besonders die angehenden Lehrer für mittlere und höhere Schulen, die später ihren Schülern Physik und Chemie beizubringen haben, zunächst selber einen tieferen Einblick in die um uns, in unserem Leben sich abspielenden physikalischen und chemischen Vorgänge bekommen, daß sie dann aber auch ihren Schülern einen solchen Einblick vermitteln sollten. In meinen Kursen gebe ich mir alle Mühe, die Naturvorgänge durch augenfällige Experimente mit den einfachstmöglichen Mitteln verständlich zu machen. Die Lehrer der Volksschulen, die ihre Schüler auch schon etwas Physik lehren sollen, haben ja keine wunderbaren Sammlungen modernster physikalischer Apparate zur Verfügung. Sie müssen sich mit den einfachsten Mitteln zu helfen suchen. Aber die einfachsten Apparate sind auch — namentlich für die Anfänger — weit lehrreicher als die komplizierten, die man meist viel zu wenig zu übersehen vermag. Hier liegen noch dankbare Aufgaben vor, besonders für die jüngeren Dozenten der Physik und Chemie, die auch noch keine großen Institutsmittel zur Verfügung haben. An meine jungen Kollegen wende ich mich also in erster Linie. Wir müssen einfachste Mittel erinnern, um alle Vorgänge klar zu machen, die sich fast täglich um uns abspielen, in der freien Natur selbst, in der Technik, in Haus und Hof, in Küche und Keller. Damit wecken wir das Verständnis unserer Schüler, das Verständnis des ganzen Volkes für Physik und Chemie. Damit bannen wir die Mystik mit ihren verheerenden Folgen. Kündigen wir z. B. Volkshochschulkurse über Physik und Chemie an und möchten auch die Frauenwelt dafür interessieren, so bekommen wir von Damen, die nicht selber studieren oder studiert haben, in der Regel die Antwort: „Von Physik und Chemie verstehe ich gar nichts, da könnte ich nicht folgen!“ Um dies ziemlich verbreitete Vorurteil zu beseitigen, sollten an allen Hochschulen besondere Vorlesungen über „die Physik des täglichen Lebens“ und „die Chemie des täglichen Lebens“ eingerichtet werden, nicht nur für

¹ Siehe auch die Arbeit von J. LIZNAR: Einfluß des Erdbebens vom 14. 4. 1895 auf die Magnetographen in Pola und Wien nebst einigen Bemerkungen über die Wirkung der Erdbeben auf magnetische Variationsapparate überhaupt. Meteorologische Zeitschrift 1895.

angehende Lehrer, sondern womöglich für alle Studenten, damit sie auf bezügliche Fragen ihrer Angehörigen Rede und Antwort stehen können; und analoge Volkshochschulkurse für jedermann. Für meine Versuche in solchen Kursen bediene ich mich vorzugsweise der Gegenstände, die jede Frau und jeder Mann im Hause zur Verfügung hat. Einige Beispiele mögen mein Vorgehen erläutern. Es sind Versuche, die nicht nur jeder Lehrer, sondern auch jeder aufmerksame Schüler bei einiger Anleitung nachmachen kann.

Ich behandle den Schwerpunkt der Körper. Ein parallelepipedisches Lattenstück durchbohre ich in der Mitte mit einem dünnen Nagelbohrer



Fig. 1.

(Fig. 1), stecke eine noch dünnere Stricknadel als Achse hindurch. Habe ich das Loch genau durch den Schwerpunkt gebohrt, so wird das Lattenstück in jeder Lage ruhig bleiben, in die ich es gedreht habe; sonst hilft man etwa mit eingesteckten Reißnägeln nach. Ein seitlich gebohrtes Loch lehrt uns, daß stets der Schwerpunkt unter den Aufhängepunkt, unter die Drehachse zu liegen kommt. Ich zeige also daran das stabile und das labile Gleichgewicht. Zur Seite gedreht schwingt jetzt das Lattenstück um seine stabile Gleichgewichtslage. Angeklebte Waschklammern, eingesteckte Reißnägeln zeigen die Veränderlichkeit der Gleichgewichtslage, lassen leicht ein stabiles Gleichgewicht in ein labiles verwandeln und umgekehrt.

Dann gehe ich über zur Erklärung des Wagebalkens, der einfachen Wage. Je näher ihr Schwerpunkt ihrer Drehachse liegt, um so empfindlicher ist die Wage. Ihre Empfindlichkeitsänderung erkennt man an ihrer Schwingungsdauer. Von diesem Gesichtspunkt aus vereinfachte ich einen kleinen Apparat zum Nachweis der linearen Wärmeausdehnung eines Metalldrahts, den PFAUNDLER in seiner „Physik des täglichen Lebens“ abgebildet hat und der wohl auch schon anderwärts beschrieben worden ist. Ich stecke nämlich eine Stricknadel so weit exzentrisch als möglich durch einen Flaschenkork, seinem Durchmesser parallel, zur Hälfte hindurch (Fig. 2). Dann schneide ich an beiden Korkenden möglichst lange Halbzylinder weg (Fig. 3) und stecke durch die beiderseits stehen gebliebenen Korkhalbzylinder je eine Stecknadel so tief hinein, daß bei schräger Besichtigung (Fig. 4) die Stecknadelspitzen die Stricknadel eben noch nicht zu berühren scheinen. Damit habe ich einen Wagebalken gebildet, der ein labiles oder ein stabiles Gleichgewicht besitzt. Man erkennt dies, wenn man den Wagebalken mit seinen Stecknadelspitzen auf die Bodenflächen zweier umgekehrter gleich hoher Trinkgläser stellt. Bequemer ist es, U-förmige Holzklötzchen zu verwenden (Fig. 3), auf deren Schenkel man Fensterglas-Abfallstreifen gekittet hat, wie ich es hier tue. Kippt der Wagebalken stets nach links oder rechts um, so ist er labil: die Verbindungslinie beider Stecknadel-

spitzen, die ja die Drehachse bildet, befindet sich unterhalb des Schwerpunkts des Wagebalkens. Man zieht also eine der Stecknadeln oder beide etwas nach oben heraus, bis der Wagebalken eben in stabilem Gleichgewicht schwingt. Am raschesten gelingt die gewünschte Feineinstellung, wenn man den Stecknadelkopf mit einer kleinen Flachzange faßt, diese nach oben zieht und zugleich Zange und Stecknadel etwas um die Stecknadelachse dreht. Die Elastizität des Korks verhindert zu starke Nadelverschiebungen, erleichtert so die Feineinstellung. Mit demselben Mittel kann man die Stricknadel selbst bezüglich der Wagebalkendrehachse sehr genau gleicharmig machen. Bei einiger Aufmerksamkeit und Übung gelingt es, in wenigen Minuten einen solchen hochempfindlichen Wagebalken herzustellen.

Mit dieser Wage können wir eine ganze Reihe verschiedenartigster Experimente ausführen und zur objektiven Darstellung bringen, namentlich wenn wir an ihr noch entsprechende Spezial-einrichtungen anbringen. Daher nenne ich diesen Apparat eine Universalwage. Durch Aufstecken von Korkstücken mit aufgehefteten weißen Kartonstreifen auf beide Wagebalkenenden mache

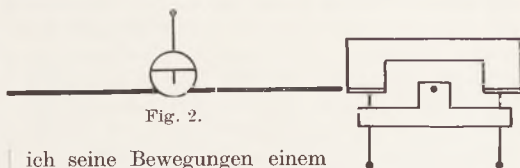


Fig. 2.

Fig. 3.

ich seine Bewegungen einem großen Auditorium sichtbar. Kostenpunkt des Wagebalkens: 5 Pfennig, des Gestells auch 5 Pfennig, der ganzen Universalwage: 10 Pfennig!¹.

Eine solche Wage mit Kartonstreifen dient hier zur Demonstration. Ein kleinstes Stück Briefmarkenstreifen bringt sie zu starkem Ausschlag; es ist zu schwer für ihre Empfindlichkeit. Ein Reiterchen aus Nähfaden oder (auf größere Entfernungen besser sichtbar!) aus dünnstem Seidenpapier, etwa 2 mg schwer, auf die halbe Länge des Wagarms gelegt, also 1 mg Übergewicht, bringt noch einen starken Ausschlag von ein paar Zentimetern hervor.

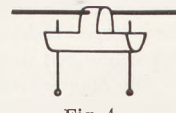


Fig. 4.

Weil die Wage leicht ist und auf scharfen Spitzen ruht, schwingt sie lange und ist wenig gedämpft. Mit einem Nähfadenstück oder einer langen Borste kann ich sie dämpfen. Kippe ich auf ihre Arme wagrechte Bleche und bringe die Wage unter Glasverschluß, so ist sie durch Luftreibung besser gedämpft.

¹ Eine einfachste, nicht zur Demonstration bestimmte Wage ohne Kartonstreifen wird zur Besichtigung herumgeboten, mit Gestell; ebenso eine zweite Wage, auf deren Wagarme je ein Korkstück mit eingehaftetem Reißnagel aufgesteckt ist. Durch Verschiebung und Drehung dieser Korkstücke kann der Wage jede gewünschte Stabilität und Empfindlichkeit gegeben werden.

Will der Chemiker eine schwache, z. B. eine elektrolytische Gasentwicklung demonstrieren, so läßt er das aus einem Glasröhrchen austretende Gas gegen ein solches wagrechtes Blech (oder Karton- oder Korkstück) des Wagebalkens strömen; sofort schlägt die Wage aus. Sie reagiert auf ein brennendes Streichholz, auf eine in größerer Tiefe brennende Kerzenflamme. Sie läßt Konvektionsströme in der Luft, in Gasen erkennen; auch in Flüssigkeiten, wenn man die ganze Wage in der betreffenden Flüssigkeit aufstellt. In der Nähe der Spitze eines elektrisch geladenen Konduktors weist man mit ihr den elektrischen Wind nach.

Kämme ich mich mit einem Hartgummikamm, so wird er elektrisch. Hartgummi mit Pelz gerieben wird negativ elektrisch. Sogleich reagiert die Wage auf diese Elektrisierung. Der Wagebalken ist ja ein isolierter Leiter, teilweise durch den Kork, namentlich aber durch die Glasplättchen des Gestells isoliert. Jedes Ende des Wagebalkens wird durch den elektrisierten Kamm angezogen. Daher handelt es sich um Influenzwirkung: die ungleichnamige Elektrizität wird im Wagebalken herbeigezogen, somit zieht jeder elektrisierte Körper jeden der beiden Wagarme an. Auch eine Glasröhre, die mit Seide gerieben positiv elektrisch wird, bewirkt dieselben Anziehungen. Mache ich aber den Wagebalken durch Berührung mit dem elektrisierten Kamm auch elektrisch, so stoßen sich nun beide als gleichnamig elektrisch ab: sofern die isolierenden Glasplättchen wirklich genügend isolieren, was bekanntlich im Frühling ohne künstliche Erwärmung oder sonstige Trocknung der Isolatoren nicht so leicht gelingt. In solcher Weise demonstrieren wir also mit der Universalwage die elektrostatischen Grundgesetze.

Die Stricknadel besteht aus hartem Stahl, den ich magnetisierte. Unsere Wage ist also auch ein Magnetometer. Die Stricknadel hat einen magnetischen Nord- und einen Südpol. Nähere ich also eine andere magnetisierte Stricknadel, so erkennt man die magnetischen Grundgesetze: gleichnamige Magnetpole stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. Mit diesen magnetischen oder jenen elektrischen Wirkungen können die Schwingungen der Wage rasch gedämpft werden.

Die Magnetnadel wird durch die magnetischen Erdpole orientiert. Der Erdnordpol ist ein magnetischer Südpol, er zieht den Nordpol der Magnetnadel an. Wenn ich also eine noch unmagnetische, sich wagrecht einstellende solche Wage nachträglich magnetisiere, so muß sich nun, zum Zeichen der Inklinationwirkung, der entstandene magnetische Nordpol der Wage beträchtlich senken, weil uns ja der Erdnordpol viel näher liegt als der Erdsüdpol.

Bringt man eine Drahtspule in die Nähe eines Magnetpols dieser Wage, so wird sie zum Galvanometer. Dasselbe zeigt um so schwächere elektrische Ströme in der Drahtspule an, je mehr Windungen diese hat. Zum Beispiel habe ich mit dieser kleinen Drahtspule von 22 Windungen (eine gewöhnliche Nähfadenspule mit Kupfer-

draht bewickelt) ein Thermolement Eisen-Konstantan verbunden, das mit der Kerzenflamme erwärmt eine Spannung von nur etwa $\frac{1}{100}$ Volt erzeugt. Dennoch schlägt die Wage (unser Galvanometer) entsprechend aus, zeigt also auch diesen sehr schwachen Thermostrom an; durch Umstecken der Spule auf ihrem Zapfen wird der Ausschlag des Galvanometers umgekehrt.

Die Wage kann noch in verschiedener Weise spezialisiert werden: Ersetze ich die Stricknadel durch einen Kupferdraht, so kann ich die lineare Wärmeausdehnung des Kupferdrahts zeigen. Die Kerzenflamme treibt durch den aufsteigenden Luftstrom den Wagarm in die Höhe. Wenn ich aber mit derselben den Wagarm erwärme, dehnt er sich auf jeden Grad Temperaturerhöhung um kaum 2 Hunderttausendstel der erwärmten Drahtlänge aus, ganz ungeheuer wenig, allerdings; aber die Wage zeigt diese Verlängerung doch durch starkes Herabsinken des erwärmten Wagarms an.

Der Wage gebe ich eine bewegliche durch den Kork hindurchgesteckte Stromschleife aus dünnem Leitungsdraht und dazu parallel eine fest montierte Stromschleife aus dickem Draht. Die Drahtenden der dünnen Stromschleife biege ich um und klemme sie fest auf die beiden Stecknadeln, so daß ich beim Ersetzen der Fensterglasstreifen meines Gestells durch Kupferblechstreifen leicht einen elektrischen Strom durch die bewegliche Stromschleife schicken kann. Lasse ich nun einen Strom von etwa 10 Amp. durch die feste Stromschleife gehen, der etwa (zur augenfälligen Darstellung) einen kürzeren eingeschalteten Eisen- draht zum Glühen bringt, so kann ich mit einer elektrischen Taschenbatterie einen schwachen Strom von $\frac{1}{5}$ Amp. durch ein Glühlämpchen und die bewegliche Stromschleife in der einen oder anderen Richtung senden und damit die AMPERE- schen Grundversuche demonstrieren: gleichgerichtete Ströme ziehen sich an, entgegengerichtete stoßen sich ab. (Wechselströme induzieren in benachbarten leitenden Körpern Wirbelströme, in Nachbarspulen reinere Wechselströme, beides annähernd in entgegengesetzten Phasen, wodurch Abstoßung entsteht.)

An beide Seiten des Wagebalkens, etwa aus Kupferdraht, können Elektrodenbleche oder Drähte angehängt werden, die in elektrolytische Zellen tauchen. Stromvorgänge machen sich durch Gewichtsänderungen und entsprechende Ausschläge der Wage bemerkbar.

Die Stricknadel ist hier durch ein ganz billiges (50 Pfg.) Quecksilberthermometer ersetzt, das ich durch den Kork gesteckt und dessen Kugel ich berußt habe, so daß das Thermometer auch auf Wärmestrahlung reagiert. Bringe ich eine Glühlampe in seine Nähe, so dauert es eine Weile, bis das schlechtleitende Glas der Thermometerkugel die Wärme aufgenommen und zum Quecksilber durchgelassen hat. Durch die Ausdehnung der Glaskugel sinkt sogar der Quecksilberfaden zuerst ein wenig, steigt aber dann mehr und mehr. Entsprechend neigt sich das Thermometer beträchtlich und weithin sichtbar. Diese Wage

reagiert auch auf die Strahlung der Sonne, auf ihr Hervorbrechen durch die Wolken, auf ihr Verschwinden.

Kleine Bewegungen der Wage können auf eine Wand, z. B. auf die weiße Decke projiziert und so vergrößert werden. Durch eine Lochkamera kann ja ein vergrößertes Bild eines Lichts erzeugt werden, ebenso natürlich durch Reflexion mittels eines kleinsten Spiegelstücks. Quer zum Wagarm befestigte ich hier ein kleines Spiegelstreifen. So projiziere ich das Licht einer Glühlampe mit fast eben geführtem Glühfaden als fast lineares Lichtband auf die Decke. Mit diesem einfachen Projektionsapparat können z. B. Thermostrome demonstriert werden, wenn das vorhin gezeigte Thermoelement nur mit den Fingern erwärmt wird.

Bestäubungen durch Kathodenstrahlen, durch Anodenstrahlen im Vakuum müssen sich durch geeignet spezialisierte solche Wagen nachweisen lassen, ebenso sehr wahrscheinlich Bombardierungen durch α -Strahlen. Die FARADAYSchen Induktions-Grundversuche können mit entsprechenden Wagen demonstriert werden, sowie auch

sonst noch zahlreiche Bewegungsvorgänge. Vielleicht läßt sich die Wage sogar für Präzisionsmessungen ausarbeiten, wenn Schrauben-Feinregulierungen, Ableseskalen, bewegliche Stangen zum Reiteraulegen, verschließbare Glaskästen wie bei anderen Wagen angeordnet werden. Aber schon in der beschriebenen einfachsten Ausführung ist die Wage sehr dauerhaft, behält die ihr einmal erteilte Empfindlichkeit wochenlang bei.

Vermöge ihrer großen Einfachheit und Übersichtlichkeit scheint mir diese Wage besonders als Demonstrationsapparat starke Überzeugungskraft zu besitzen. Wegen der Drehung des Wagebalkens um eine wagrechte Achse können seine Bewegungen auf größte Entfernungen sichtbar gemacht werden. Jeder gesehene Vorgang kann vom Lehrer leicht erklärt werden. Ich glaube auch, daß dieser einfache Apparat viele zum genaueren Beobachten namentlich physikalischer Vorgänge anregen wird. Denn solche Wagen können ja mit großer Leichtigkeit nachgebildet, meine Versuche nachgemacht und kontrolliert werden. Unzählige lehrreiche interessante Beobachtungen können mit dieser Universalwage gemacht werden.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Der Ramaneffekt. Originalbericht von Dr. ALFRED WENZEL in Lüneburg.

Im 39. Jahrgange dieser Zeitschrift (S. 86ff.) wurde über den Comptoneffekt berichtet und eingangs die DEBYEsche Theorie desselben entwickelt. Als Ergebnis wurde dort für die Wellenlängendifferenz $\lambda - \lambda_0$ zwischen der Primärstrahlung (λ_0) und der Streustrahlung (λ) der Ausdruck¹ gefunden

$$(1) \quad \lambda - \lambda_0 = \frac{2h}{mc} \sin^2 \frac{\alpha}{2},$$

worin h die PLANCKSche Konstante, m die Masse des streuenden Elektrons, c die Lichtgeschwindigkeit und α der Winkel zwischen Streustrahlungs- und Primärstrahlungsrichtung ist. Einerseits ist, wie die Gleichung zeigt, die Comptonwellenlängendifferenz von der Primärwellenlänge λ unabhängig, andererseits ist aber für ein Elektron als streuenden Körper der Zahlenwert von $\frac{h}{mc}$, den man durch Einsetzen der für h , m und c bekannten Werte erhält, nur sehr klein, nämlich gleich $0,0242 \cdot 10^{-8}$ cm. Daher kann man die COMPTONSche Streustrahlung bequem nur bei kurzwelliger Strahlung feststellen. Ihre Wahrnehmbarkeit ist also auf Röntgen- und γ -Strahlen als Primärstrahlen beschränkt.

Nimmt man nun an, die Streuung fände nicht an einem Elektron statt, sondern an einem Atom oder an einem Atomsystem, so würde das in obiger Zahlenangabe verwendete m des Elektrons durch die vielmal so große Masse des Atoms oder gar des Atomsystems ersetzt werden müssen. Die theoretische Wellenlängenänderung der Streu-

strahlung würde dadurch aber noch viel kleiner werden, sich also jeglicher Messungsmöglichkeit entziehen. Nun kann man aber auch mit SMEKAL (1) annehmen, daß das Atomsystem während des Streuvorganges seine Energiestufe durch Aufnahme oder Abgabe von Energiequanten ändern kann. Es kann dabei also z. B. vom Normalzustand in einen angeregten Zustand versetzt werden, oder von einer höheren zu einer niederen Energiestufe sinken. Beides ist möglich. Denn nach der Dispersionstheorie, wie sie KRAMERS und HEISENBERG (2) sowie wellenmechanisch SCHRÖDINGER (3) entwickelt haben, besteht eine tiefgehende Analogie zwischen Elektron und Lichtquant. Der Wechsel der Energiestufe kann sowohl durch Elektronenstöße von beliebiger Anfangsgeschwindigkeit wie auch durch Lichtquantenstöße beliebiger Anfangsgeschwindigkeit hervorgerufen werden. Befindet sich z. B. ein Atom im Normalzustand, der in Fig. 1 nach dem SOMMERFELDSchen Energiestufenschema durch die Grade k dargestellt ist, und ruft die einfallende Primärstrahlung der Frequenz ν_0 (Wellenlänge λ_0) gleichzeitig Anregung des Atoms hervor, d. h. einen Übergang vom k - zum l -Zustand, so findet die Streustrahlung in der verminderten Frequenz ν statt, die sich nach dem Energiesatz berechnet aus

$$(2) \quad h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 - k \cdot \nu_{kl},$$

worin $h \cdot \nu_{kl} = E_l - E_k =$ Energiestufe $l -$ Energiestufe k ist.

So ergibt sich: $\nu = \nu_0 - \nu_{kl}$ für die Frequenz der Streustrahlung. Befindet sich das Atom aber in dem angeregten Zustand l (Fig. 2), und verliert

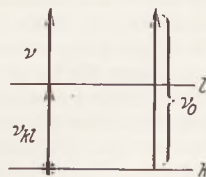


Fig. 1.

¹ In dem 1. c. angegebenen Ausdruck steht der Faktor 2 der rechten Seite versehentlich im Nenner.

es bei der Einstrahlung an Energie, d. h. sinkt auf die k -Stufe herab, dann gibt es zur Primärenergie noch das Energiequant $h \cdot \nu_{kl}$ hinzu, d. h. es ist die Energie der Streustrahlung

$$(3) \quad h \cdot \nu = h \cdot \nu_0 + h \cdot \nu_{kl} \quad \text{oder} \quad \nu = \nu_0 + \nu_{kl}.$$

In beiden Fällen wird also die Frequenz der Primärstrahlung vermindert bzw. vermehrt um die Eigenfrequenz, die das Atom oder Atomsystem aussendet, wenn es seine Energiestufe von k nach l bzw. von l nach k ändert. Abgesehen ist hierbei von der kinetischen Energie, die bei dem Streuvorgang auf das Atomsystem übergegangen ist, da ihr Einfluß wegen der großen Masse des Atomsystems doch nur sehr gering sein kann.

Solche Frequenzsprünge $\nu - \nu_0$ oder $\nu_0 - \nu$ zwischen Primärfrequenz ν_0 und Streufrequenz ν sind also schon 1923 von SMEKAL theoretisch erörtert worden, noch ehe ihr experimenteller Nachweis in Aussicht stand. Dieser wurde erst 1928 von RAMAN (6) und fast gleichzeitig von LANDSBERG und MANDELSTAMM (15) erbracht (4).

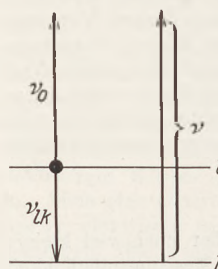


Fig. 2.

Ein Lichtstrahl, der sich im leeren Raum fort-pflanzt, ist von einer Richtung, die nicht mit seiner Fortpflanzungsrichtung zusammenfällt, nicht wahrzunehmen. Geht er aber durch Gas, so ist er auch senkrecht zu seiner Strahlenrichtung zu beobachten, und zwar um so leichter, je dicker die durchstrahlte Schicht ist. Das Himmelslicht ist bekanntlich nach LORD RAYLEIGH (1872) an Gasmolekülen gestreutes Sonnenlicht. Daß es wie auch die meisten anderen zu beobachtenden Beispiele dieses bekannten Tyndalleffektes Licht von blauer Farbe ist, das auch bei primär weißem Licht gestreut wird, kommt daher, daß die Intensität des gestreuten Lichtes mit der vierten Potenz der Wellenlänge abnimmt. Licht vom äußersten Violett (4000 Å) wird demnach 16mal so stark gestreut als äußerstes Rot (8000 Å).

An Flüssigkeiten ist dieser molekulare Tyndalleffekt auch im Versuch leicht zu zeigen. Fällt Licht einer Bogenlampe L (Fig. 3), das durch eine Sammellinse l konvergent gemacht ist, z. B. durch eine mit Benzol gefüllte Kugel, so ist der Weg des Lichtstrahles im Benzol deutlich als blavioletter Kegel für das Auge A sichtbar.

Theoretisch ist der molekulare Tyndalleffekt von SMOLUCHOWSKI (1907) und EINSTEIN (1910) als eine Schwankungserscheinung bekanntlich mit Erfolg behandelt worden. Wären in einem Gase (oder in einer Flüssigkeit) die Moleküle ganz regelmäßig wie die Atome eines idealen Kristallgitters mit allseitig gleichem Abstand zu den Nachbarmolekülen angeordnet, so würde zwar jedes Molekül die einfallende Strahlung streuen, aber trotzdem keine seitliche Gesamtstreuung stattfinden, da die Interferenz der Streuwellen diese nach der HUYGENSSchen Theorie der

Ausbreitung der Lichtwellen vernichten würde. Nur wenn bestimmte zahlenmäßige Beziehungen zwischen dem Abstand der regelmäßig aufeinander folgenden Moleküle und der Wellenlänge der Primärstrahlung vorhanden sind, wird die Streustrahlung in bestimmten Richtungen nicht zerstört, wie wir es bei den Laue-Röntgendiagrammen z. B. sehen. Je unregelmäßiger aber die Moleküle gelagert sind, desto diffuser wird die Streustrahlung. Am stärksten ist die diffuse Streustrahlung demnach in Gasen in der Nähe ihrer kritischen Temperatur, da hierbei sehr starke Dichteschwankungen herrschen.

Bedingung für die Beobachtung des molekularen Tyndalleffektes ist die Verwendung ganz reiner, völlig staub- und bläschenfreier Flüssigkeiten — die nicht leicht herzustellen sind! — da er sonst leicht von dem gewöhnlichen Tyndalleffekt an kleinen Fremdkörpern überdeckt wird.

Mit derselben Versuchsanordnung ist auch besonders bei Einschaltung geeigneter komplementärer Filter F_1 und F_2 (Fig. 3) die Fluoreszenz von Flüssigkeiten zu beobachten. Diese ist aber leicht von dem Tyndalleffekt zu unterscheiden, da letzterer nur Wellenlängen des primären Lichtes enthält, wobei allerdings die kurzen Wellen bevorzugt werden. Ist der Primärstrahl monochromatisch, so ist auch das Tyndall-Licht monochromatisch. Das Fluoreszenzlicht dagegen ist nach der STOKESSchen Regel bekanntlich fast immer von größerer Wellenlänge als das Primärlicht, und zwar ist seine Wellenlänge oder sein Wellenlängenbereich nur abhängig vom Stoff, nicht von der Primärwellenlänge, solange diese kürzer ist als der Eigenwellenlängenbereich des Fluoreszenzlichtes oder mit ihm zusammenfällt. Ferner handelt es sich bei der Fluoreszenz um zwei zeitlich nicht zusammenfallende Vorgänge, zuerst die Absorption des Primärlichtes, dann erst die Emission des Fluoreszenzlichtes. Zwar ist der zwischen beiden Vorgängen liegende Zeitraum meist sehr kurz — zwischen 10^{-7} und 10^{-9} sec —, doch ist er mit modernen Hilfsmitteln noch bis auf wenige Prozente genau zu messen. Dagegen

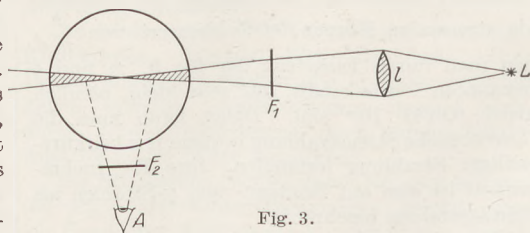


Fig. 3.

ist die Tyndallstreuung nur eine in anderer Richtung unmittelbar sich fortsetzende Welle des Primärlichtes. Auch die Energieverhältnisse bei beiden sind verschieden. Bei der Fluoreszenz wird meist nur ein Teil der absorbierten Primärstrahlungsenergie in Fluoreszenzlicht umgesetzt, der Rest z. B. in Wärme oder chemische Energie verwandelt. Bei dem Tyndall-Licht aber findet sich alle Energie, die durch Streuung dem Primärlicht entzogen wird, im Streulicht wieder. Eine

Ausnahme von dieser quantitativen Energiebeziehung macht nur der Comptoneffekt (vgl. den oben zitierten Bericht), der aber nur bei der Streuung von Röntgenstrahlen an Elektronen meßbare Werte annimmt, wie oben erläutert wurde (etwa 0,05 Å). Bei Verwendung von sichtbarem Licht muß dieser Effekt weit unterhalb der Meßbarkeitsgrenze liegen.

Nun beobachtete KRISHNAN (5) 1927 folgendes: Läßt man Licht durch ein z. B. violettes Filter F_1 auf die zu untersuchende Flüssigkeit fallen und beobachtet den Strahlenkegel in der Flüssigkeit durch ein komplementäres, z. B. gelbgrünes Filter F_2 (Fig. 3), so müßte man nach den bisherigen Erfahrungen keine Tyndallstreuung sehen können. In Wirklichkeit war aber doch der Tyndallkegel schwach gelbgrün erkennbar. Diese Beobachtung wurde an verschiedenen sorgfältig gereinigten Flüssigkeiten wie aliphatischen Fettsäuren, Benzol, Wasser u. a. gemacht und vom Entdecker zunächst als schwache Fluoreszenz gedeutet. Daß dieses Phänomen ganz anderer Natur ist, erkannte RAMAN (6) sogleich, als er an Stelle des weißen Lichtes monochromatisches Licht verwandte. Da zeigte die Streustrahlung neben der Wellenlänge des Primärstrahles noch Licht einer stets um den gleichen Betrag größeren Wellenlänge, ganz gleichgültig, welches die Primärwellenlänge war. Das trat besonders deutlich hervor, als RAMAN als Primärlicht die Strahlung des Quecksilberlichtbogens verwandte, das bekanntlich wenige intensive Spektrallinien enthält. Das Streulicht zeigte hierbei in spektraler Zerlegung immer noch neben starken Primärlinien eine Anzahl Spektrallinien, die teilweise für ganz verschiedene Flüssigkeiten in ihrer Lage übereinstimmten, während zwischen manchen Streulinien charakteristische Unterschiede zu beobachten waren. Fig. 4 zeigt das Photogramm einiger solcher Raman-spektren, wie sie P. PRINGSHEIM (4) mit Hg-Licht als Primärstrahlung (oberstes Spektrum in Fig. 4) an einem Gemisch von Benzol und CCl_4 (a), an reinem C_2Cl_4 (b) und an $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$ (c) erhalten hat.

Für die Erklärung des Mechanismus des Raman-effektes weist PRINGSHEIM (4) auf den Geschwindigkeitsverlust hin, den Elektronen von einer Geschwindigkeit über 20,7 Volt (= Anregungsmindestenergie des Heliumatoms) bei der Streuung an Heliumatomen erfahren. Nach DYMOND (7) hat sich gezeigt, daß solche Elektronen von z. B. 50 Volt und mehr Geschwindigkeit zwar zum größten Teil ohne Geschwindigkeitsverlust gestreut werden; der Rest aber erfährt stets die gleichen Geschwindigkeitsverminderungen unabhängig davon, wie groß die Primärgeschwindigkeit war. Dabei treten mehrere wohl definierte Geschwindigkeitsänderungen auf, da das He-Atom mehrere Anregungsstufen besitzt.

Analog ist der Mechanismus des Raman-

effektes zu erklären. Das auf ein Atom oder Molekül fallende Primärlicht von der Frequenz ν , regt den Atomkern oder das Molekül an, wobei es einen Bruchteil seiner Energie $h \cdot \nu_{kl}$ an das Molekül bzw. Atom abgibt. Daß der Raman-effekt zusammenhängt mit intramolekularen Schwingungen der Atomkerne, hat RAMAN schon daraus geschlossen, daß bei der Streuung im Wasser und im Eis mit dem Licht der Hg-Lampe stets die gleichen Ramanlinien auftraten. Diese Kernschwingungen resultieren aus dem Atomgewicht und der Molekülbindungsfestigkeit, die bei gleichen

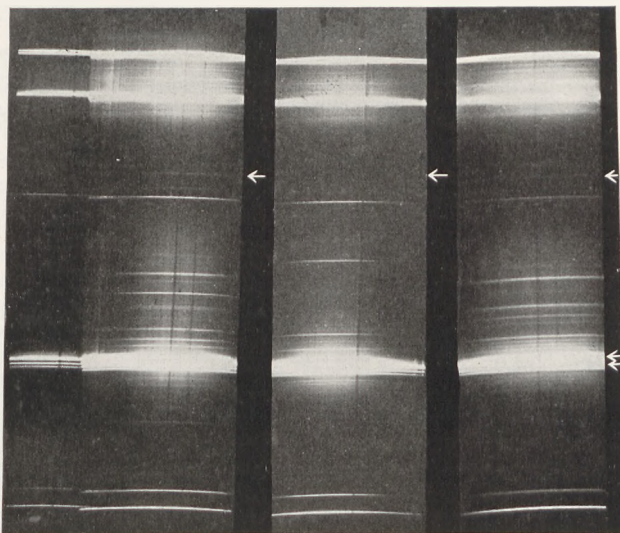


Fig. 4.

Molekülgruppen wie z. B. der C-H-Gruppe im Chloroform oder im Dichloräthylen oder im Benzol, Chlorbenzol, oder Toluol wohl nahezu gleich sein wird. Dieser Gedankengang Ramans findet seine Bestätigung auch in Versuchsergebnissen von CABANNES und DAURE (8) und ROGARD (9) sowie von PRINGSHEIM (4). Demnach müssen die Differenzen zwischen den Frequenzen der Primärlinien und der Streulinien identisch sein mit den Kernschwingungsfrequenzen der streuenden Substanzen, wie wir sie von der Untersuchung der ultraroten Spektren her kennen. Fällt z. B. Licht der blauen Hg-Linie 4358 Å primär in Benzol oder sonst eine Flüssigkeit mit der C-H-Bindung ein, so wird eine der Ramanlinien bei 5000 Å beobachtet (vgl. Fig. 4). Die Frequenzdifferenz zwischen der Hg-Linie und dieser Ramanlinie $\frac{1}{4358} - \frac{1}{5000} = \frac{1}{34000}$ deutet auf eine intramolekulare Schwingung dieser Substanzen von der Wellenlänge $34000 \text{ Å} = 3,4 \mu$ hin, die tatsächlich schon lange als ultrarote Eigenfrequenz dieser Substanzen bekannt ist. Da die komplizierten Moleküle der organischen Substanzen eine ganze Reihe von Eigenfrequenzen besitzen, sind demnach von einer Primärlinie mehrere Ramanlinien zu erwarten, wie auch die Spektrogramme Fig. 4 zeigen. So eröffnet sich die Aussicht, aus einem Raman-spektrogramm

sämtliche ultrarote Eigenfrequenzen des streuenden Stoffes erschließen zu können.

Von verschiedenen Forschern wurden z. B. die Ramanlinien des kristallisierten Quarzes eingehend untersucht (13). Sie berechneten daraus die ultraroten Eigenfrequenzen des Quarzes zu 8,6; 12,5; 14,2; 21,5; 24,7; 28,5; 38,2; 48,0; 80; 94 und 118 μ . Von diesen sind die Werte unter 30 μ mit den aus der Ultrarotforschung bekannten Daten annähernd im Einklang. Die Werte über 30 μ aber waren nach den früheren Ultrarotmessungen von RUBENS und LIEBISCH (14) nicht zu erwarten, da in diesem Spektralbereich die Absorption des Quarzes kontinuierlich gegen Null sinken sollte. CZERNY (13) hat dieses Gebiet nochmals am Quarz durchgemessen und fand in Übereinstimmung mit den Ramanmessungen bei etwa 38 und 78 μ Absorptionsstellen. Dagegen hat er bei 48 μ keine besondere Absorption feststellen können, die die Grenzen der Meßfehler überstiegen hätte. Das Gebiet über 80 μ blieb wegen versuchstechnischer Schwierigkeiten nicht untersucht. Hier müssen einstweilen die Ergebnisse der Ramanlinien genügen. Entscheidend für die Bedeutung dieser Untersuchungsmethode ist noch, daß auch bei Flüssigkeitsgemischen die Ramanlinien jeder einzelnen Komponente des Gemisches im Spektrum auftreten, da der Raman-Effekt kein Integraleffekt, sondern ein individueller Effekt einzelner Atome oder Atomsysteme ist.

Kennzeichnend für den Raman-Effekt ist, daß seine Spektrallinien als Trabanten der Primärlinien nicht nur auf der langwelligen Seite erscheinen, sondern auch auf der kurzwelligen. Die nach Rot verschobenen Linien sind dadurch entstanden, daß durch Anregung des Moleküls der Primärstrahlung Energie entzogen ist (Zustandsänderung $k \rightarrow l$, Fig. 1). Dies wird meist der Fall sein. Trifft der Primärstrahl aber auf angeregte Moleküle (Zustand l , Fig. 2), so kann das Molekül an den Primärstrahl Energie abgeben (Zustandsänderung $l \rightarrow k$, Fig. 2), und die so entstehende Ramanlinie hat höhere Energie, also höhere Frequenz als der Primärstrahl. Allerdings

ist die Möglichkeit, solche Moleküle in angeregtem Zustand anzutreffen, unter normalen Verhältnissen nur gering, d. h. diese Ramanlinien mit kürzerer Wellenlänge als der des Primärstrahles werden gewöhnlich weit schwächer sein als die erstgenannten mit größerer Wellenlänge. Fig. 4 zeigt eine solche Ramanlinie im Spektrogramm c ($C_2H_2Cl_4$) bei der blauen Hg-Linie an der Stelle der beiden Pfeile.

Aus den Ramanlinien haben DADIEU und K. W. F. KOHLRAUSCH (10) neuerdings die Arbeit berechnet, die zur Spaltung der O-H-Bindung notwendig ist. Für die Verschiebung der Ramanlinien gegenüber den Primärlinien fanden sie ebenso wie CARELLI, PRINGSHEIM und ROSEN (11) und andere den Wert der Eigenfrequenz der O-H-Bindung zu 3419, d. h. die hierzugehörige Eigenschwingung hat eine Wellenlänge von 2,91 μ . Durch Vergleich mit der C-H-Bindungsfrequenz (vgl. oben) und deren Spaltungsarbeit $A = 101 \text{ cal/Mol}$ ergibt sich für die Spaltungsarbeit der O-H-Bindung der Wert 129 cal/Mol, der dem von GRIMM (120 cal/Mol) (12) sehr nahe kommt.

Literatur.

1. A. SMEKAL *Naturw.* **11**, 873 (1923) und *Zeitschr. f. Phys.* **32**, 241 (1925).
2. H. A. KRAMERS u. W. HEISENBERG, *Zeitschr. f. Phys.* **31**, 681 (1925).
3. E. SCHRÖDINGER, *Ann. d. Phys.* **81**, 109 (1929). Vgl. auch Abhandlungen zur Wellenmechanik (1927).
4. Dem experimentellen Teil liegt z. T. eine Arbeit von P. PRINGSHEIM, *Naturw.* **16**, 597 (1928) zugrunde, der auch die Fig. 3 u. 4 entnommen sind.
5. K. S. KRISHNAN, *Phil. Mag.* **50**, 697 (1927).
6. (1) C. V. RAMAN u. K. S. KRISHNAN, *Nature* **121**, 501 (1928). (2) C. V. RAMAN, *Indian Journ. Phys.* **2**, III. 1. (1928). (3) C. V. RAMAN u. K. S. KRISHNAN, *Indian Journ. Phys.* **2**, IV. 399 (1928).
7. E. G. DYMOND, *Phys. Rev.* **29**, 433 (1927).
8. G. CABANNES u. P. DAURE, *C. R.* **186**, 1533 (1928).
9. G. ROGARD, *C. R.* **186**, 1107 (1928).
10. A. DADIEU u. K. W. F. KOHLRAUSCH, *Naturw.* **17**, 367 u. 625. (1929) und *Phys. Zeitschr.* **30**, 384 (1929).
11. A. CARELLI, P. PRINGSHEIM u. B. ROSEN, *Zeitschr. f. Phys.* **51**, 511 (1928).
12. *Handb. d. Phys.* von GEIGER u. SCHEEL **Bd. 24**, 537 (1928).
13. Vgl. M. CZERNY, *Naturw.* **17**, 12 (1929).
14. RUBENS u. LIEBISCH, *Berl. Berichte* (1919) 205 und (1921) 216.
15. LANDSBERG u. MANDELSTAMM, *Zeitschr. f. Phys.* **50**, 769 (1928).

3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

Robert Boyle: Der skeptische Chemiker¹.

Im 16. Jahrhundert begann eine wahre Hochflut alchemistischer Schriften; bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts waren rund viertausend alchemistische Bücher erschienen, die trotz mancher guten Beobachtungen und Experimente allesamt keinen einzigen neuen Gedanken für die Erkenntnis des chemischen Geschehens enthielten. Sie gingen von wenigen Annahmen aus, die sie mit einem verwirrenden Aufwand von Worten zu beweisen suchten.

¹ Der skeptische Chemiker von ROBERT BOYLE. Verkürzt herausgegeben und übersetzt von EDUARD FÄRBER und MORITZ FÄRBER. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 229. 108 Seiten. Leipzig 1929, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. Kart. 6.40 RM.

Fast alle Stoffe werden unter dem Einfluß des Feuers verändert: entweder verschwinden sie völlig beim Brennen wie der Schwefel, oder sie hinterlassen einen kleinen Ascherest wie das Holz und die Kohlen, oder sie geben beim Erhitzen in geschlossenen Gefäßen flüchtige Bestandteile ab. Deshalb galt das Feuer als das beste, ja als das einzige Mittel, um die Grundbestandteile der Körper zu finden. Nach der überlieferten Lehre des ARISTOTELES sollte die Hitze „congregare homogenea et heterogenea segregare“, Stoffe von gleicher Beschaffenheit vereinigen und solche ungleicher Art trennen; infolge der Hitze sollten die Elemente, die Prinzipien, auseinanderrücken und sich gesondert in verschiedenen Anteilen sammeln. Die Peripatetiker unter den Chemikern, die auf ARISTOTELES schworen, sahen Feuer, Wasser, Luft und Erde als Elemente an; einige nahmen noch

den Äther als fünftes Element hinzu. Die Spagiriker (*σπάω* = ich trenne; *ἀγείρω* = ich vereinige), die auf ihre Experimente stolz waren, nannten nach dem Vorgang des PARACELSUS Quecksilber, Schwefel und Salz ihre Prinzipien oder hypostatischen Elemente. Die Synthetiker endlich glaubten, Salz, Schwefel, Spiritus, Erde und Wasser als die wahren Prinzipien erkannt zu haben.

Gegen diese bedrohliche Hochflut wissenschaftlichen Unsinn errichtete ROBERT BOYLE einen mächtigen Damm in seinem berühmten Buche „The Sceptical Chymist: or Chymico-Physical Doubts & Paradoxes, Touching the Spagyrist's Principles Commonly call'd Hypostatical, As they are wont to be Propos'd and Defended by the Generality of Alchymists“ (London 1661). Der Damm hat seinen Dienst getan, er hat ein geistiges Versanden verhütet und den Anbau chemischer Wissenschaft ermöglicht.

Bücher haben eigenartige Schicksale. Manches ist in aller Munde und wird doch nur von ganz verschwindend wenigen gelesen. Mit Fug und Recht möchte ich darum der verdienstvollen deutschen Ausgabe von BOYLES skeptischem Chemiker den Wunsch auf den Weg mitgeben, den einst LESSING seinen Gedichten voransetzte: „... Wir wollen weniger erheben, Doch fleißiger gelesen sein.“ Die Übersetzer und Herausgeber haben die ursprüngliche Form eines Gesprächs (hauptsächlich) zwischen CARNEADES und ELEUTHERIUS aufgegeben, sie haben mit hervorragender Sachkenntnis lediglich die wesentlichen Teile des Werkes ausgewählt und die überflüssig gewordenen, störenden oder wenig verständlichen Abschnitte fortgelassen. Erläuternde Zusätze und Anmerkungen erleichtern das Studium des angenehm lesbaren Bändchens.

Um sich die zwecklose Mühe zu sparen, mit den Aristotelikern und Chemikern gesondert zu streiten, wandte sich BOYLE vorwiegend gegen die Spagiriker, weil sie stets darauf verwiesen, daß ihre Lehren auf Experimente gegründet seien. Die Aristoteliker hingegen hielten es für erhabener und philosophischer, etwas a priori statt a posteriori zu entdecken; BOYLE ließ ihren Verteidiger THEMISTIUS sagen, daß die Peripatetiker wenig Wert darauf legten, Experimente zu häufen, um ihre Lehren zu beweisen, daß sie sich mit wenigen begnügten, um die Leute zu befriedigen, die einer edleren Überzeugung nicht fähig wären; sie verwendeten ihre Experimente eigentlich nur, um ihre Lehren auszuschnücken, weniger um sie klarzumachen. BOYLE gab ausdrücklich zu, daß aus nur vier Elementen oder aus drei Prinzipien eine unübersehbare Mannigfaltigkeit aufgebaut sein kann, aber die Elemente und Prinzipien selbst zog er in Zweifel.

„Der skeptische Chemiker“ hat sechs Hauptstücke: BOYLE bezweifelte: 1. „ob das Feuer der echte und universelle Analysator gemischter Körper ist“, 2. „ob alle die gesonderten Substanzen, die durch das Feuer von den gemischten Körpern erhalten werden können, in der Form,

in der sie abgetrennt worden sind, schon vorher darin existierten“; er stellte fest, daß 3. „die Anzahl solcher Substanzen nicht in allen gemischten Körpern dieselbe zu sein scheint, denn einige sind in mehr als drei verschiedene Substanzen auflösbar und andere in nicht soviel als drei“; er wies nach, daß 4. die abgetrennten Stoffe „meistens keine reinen und elementaren Körper, sondern neue Arten von gemischten Körpern“ sind; er stellte es 5. als unwahrscheinlich hin, daß es überhaupt solche Dinge geben kann, „die durchaus in jedem derjenigen Körper, die aus Elementen zusammengesetzt sein sollen, stets anzutreffen sind“; mit allem Vorbehalt machte er 6. den Versuch, „die Eigenschaften der Körper aus der Bewegung, Gestalt und Struktur ihrer kleinen Teilchen“ abzuleiten.

Das Feuer kann unmöglich das allgemein anwendbare Mittel zum Auffinden von Elementen sein. Venetianischer Talk, Glimmer, reiner Sand und manche andere Stoffe konnten bisher noch niemals durch Feuer zerlegt werden. Wenn Gold und Silber in einer Masse zusammengeschmolzen sind, dann würden „Metallraffineure und Goldschmiede sehr dankbar dafür sein, wenn man sie die Kunst lehren würde, sie durch das Feuer wieder zu trennen, ohne die Mühe, die sie jetzt bei der Ausführung der Trennung haben; während sie durch das Aufgießen von Salpetersäure oder aqua fortis sehr leicht getrennt werden können“ (S. 22). Sublimat wird durch Feuer nur in die Höhe getrieben, durch Destillation über ungelöschten Kalk oder andere alkalische Stoffe wird das Quecksilber abgeschieden. „Das Feuer löst bloß den Zusammenhang oder vielmehr es zerstört die Struktur“ (S. 30). „Außerdem bewirkt das Feuer bisweilen bei Körpern von verschiedener Beschaffenheit keine Trennung, sondern vielmehr eine Vereinigung“ (S. 32), z. B. „wenn ein alkalisches Salz und der erdige Rückstand der Asche mit reinem Sand gemischt und durch Verglasung zu einem beständigen Körper gemacht werden, der dem heftigsten Feuer standhält“ (S. 33). Überdies verwies BOYLE auf den geheimnisvollen „Alkahest“, von dem die Chemiker fabelten, auf jene Flüssigkeit, die VAN HELMONT „wegen ihrer außerordentlichen Fähigkeit, Körper zu analysieren, an irgendeiner Stelle „ignis Gehennae“ (Höllenfeuer) zu nennen scheint“ (S. 27).

Von den Stoffen, die mit Hilfe des Feuers abgetrennt werden, kann nicht mit Sicherheit angenommen werden, daß sie bereits vorher in den untersuchten Dingen als Prinzipien oder Elemente vorhanden waren. Obgleich die Seifen „aus Öl oder Fett und Salz und Wasser hergestellt“ werden, geben sie bei der trockenen Destillation „nicht dieselben Substanzen, sondern andere von ganz abweichender, aber doch nicht elementarer Beschaffenheit“ (S. 41). Das süß schmeckende Salz, das BOYLE aus Mennige und Essig herstellte, das „saccharum saturni“, lieferte „eine sehr scharfe, aber durchaus nicht saure Flüssigkeit, die sich sowohl durch den Geruch und andere Eigenschaften wie durch den Geschmack von Essig unterschied“ (S. 46). Es war Aceton, das BOYLE hier ent-

deckte. Bei diesen Gedanken und Experimenten unterschied er deutlich zwischen Gemenge und Verbindung: „Zwei Pulver, das eine blau und das andere gelb, sehen zwar als Mischung grün aus, ohne daß eines seine eigene Färbung verliert, wie ein gutes Mikroskop mir es manchmal gezeigt hat; eine Mischung von Mennige und Ammoniak-salz in gehörigem Verhältnis, die in einem Glasgefäß dem Feuer ausgesetzt war, wurde jedoch weiß, und die roten Teilchen wurden zerstört“ (S. 46). BOYLE glaubte sogar, daß ihm der experimentelle Beweis gelungen sei, ein Element in andere zu verwandeln: Nach dem Vorgange VAN HELMONTs zog er Kürbisse und Gurken in gewogener Gartenerde. Er fand am Schlusse des Versuches das Gewicht der Erde in den irdenen Töpfen unverändert, obgleich die Früchte groß und schwer geworden waren. Er hielt es für „eine offenbare Wahrheit“, daß mit natürlichen Mitteln kein Atom Materie aus nichts geschaffen werden kann, wir können „die Materie nur verändern aber nicht erzeugen“ (S. 36). „Ich kann also aus diesen Experimenten mit nur von Wasser genährten Pflanzen schließen, daß Salz, Spiritus, Erde und sogar Öl aus Wasser entstehen können, und folglich daß sowohl ein Prinzip der Chemiker wie ein Element der Peripatetiker neu erzeugt oder aus einem Quantum Materie erhalten werden kann, welches die Form eines solchen Prinzips oder Elements vorher nicht besaß“ (S. 40). Der Trugschluß, dem BOYLE hier verfiel, konnte damals als solcher nicht erkannt werden.

Daß die Zahl der Elemente oder Prinzipien drei, vier oder fünf ist, hielt BOYLE für sehr unwahrscheinlich, denn es gibt viele Stoffe, die niemals zerlegt worden sind. „So möchte ich gern einmal das feste edle Metall, das wir Gold nennen, in Salz, Schwefel und Quecksilber aufgelöst sehen“ (S. 51). Andererseits gibt es Stoffe, die in viel mehr als drei Bestandteile zerlegt worden sind. Bei der trockenen Destillation des Holzes erhielt BOYLE mindestens zwei verschiedene Geister: außer der Essigsäure, die er durch Korallenkalk neutralisierte, auch einen Spiritus, „der einen starken Geruch und einen scharfen, aber gänzlich säurefreien Geschmack hatte“ (S. 53). Wenn das Destillat „von den Chemikern lediglich als der Spiritus, als ein einzelnes Element oder Prinzip angesehen“ wird, so zeigte BOYLE, daß es „in Wirklichkeit aus zwei verschiedenen Substanzen besteht und in sie zerlegbar ist“ (S. 53).

Mit den üblichen Ausdrücken wurde von den Chemikern ein arger Mißbrauch getrieben. „Manchmal belegen sie verschiedene Dinge mit demselben Namen, und andererseits geben sie oft ein und demselben Ding viele Namen“ (S. 56). Die meisten der Stoffe, die unter dem Einfluß des Feuers erhalten werden, sind „von elementarer Einfachheit weit entfernt und können immer noch als gemischte Körper angesehen werden“ (S. 57). BOYLE zeigte die Unzulässigkeit, „daß ganz unbedeutende Eigenschaften bei den Chemikern zur Benennung eines chemischen Prinzips dienen. Wenn sie bei der Analyse eines zusammengesetzten Körpers mittels des Feuers eine Substanz er-

halten, die entzündlich ist und kein Wasser annimmt, so nennen sie sie sogleich Schwefel. Was einen Geschmack hat und wasserlöslich ist, muß für ein Salz gelten. Was fest und wasserunlöslich ist, nennen sie Erde. Und ich möchte hinzufügen, jede flüchtige Substanz, mit der sie nichts anzufangen wissen, um nicht zu sagen, alles, was ihnen beliebt, nennen sie Quecksilber“ (S. 59). Die Ausflucht, daß die erhaltenen Stoffe zwar nicht rein sind, aber nach dem Hauptbestandteil, den sie enthalten, benannt werden, ließ BOYLE nicht gelten, weil er „einen Körper nicht als ein wahres Prinzip oder Element, sondern vielmehr immer noch als zusammengesetzt ansehen muß, der nicht vollkommen homogen, sondern noch weiter in eine Anzahl gesonderter, wenn auch noch so winziger Substanzen auflösbar ist!“ (S. 62). BOYLE verlangte unter allen Umständen Reinheit der Stoffe. Von solcher Reinheit war früher nie die Rede. Weil „Salze, wenn sie alle elementar wären, sich so wenig voneinander unterscheiden würden, wie die Tropfen reinen und einfachen Wassers“ (S. 65), mußte BOYLE „auf den offenbaren Unterschied zwischen den vegetabilischen festen Salzen und den animalischen flüchtigen hinweisen“ (S. 67). Weinstein-salz hält dem heftigsten Feuer stand, während Hirschhornsalz schon bei milder Hitze verfliegt. Dem scharfen Blick des genialen Kritikers entging auch nicht die Verschiedenheit der Kristallformen der einzelnen Salze. Was für die Salze gilt, das gilt in entsprechender Weise für die abdestillierten Öle, die angeblich Schwefel sein sollten. Zum Beweise der Unrichtigkeit dieser Annahme führte BOYLE an, daß er aus einem Pfund Anissamen durch gelindes Erhitzen das flüchtige, aromatische Anisöl und durch nachfolgendes stärkeres Erhitzen einen brenzlichen Spiritus und ein bräunliches Öl erhielt.

Diese Stoffe waren so deutlich verschieden, daß sie niemals als einerlei „Schwefel“ angesehen werden könnten. Auch das angebliche Prinzip „Quecksilber“ ist zusammengesetzt. Schließlich wies BOYLE darauf hin, „daß sogar die Körper, welche die Chemiker Phlegma und Erde nennen, nicht die Einfachheit von Elementen besitzen“ (S. 74).

Um Irrtümer zu vermeiden, gab BOYLE seine berühmt gewordene Definition, daß er „unter Elementen, wie jene Chemiker, welche am deutlichsten reden, unter ihren Prinzipien, bestimmte ursprüngliche und einfache oder gänzlich ungemischte Körper verstehe; Körper, die nicht aus irgendwelchen anderen Körpern oder aus einander zusammengesetzt sind und welche die Bestandteile bilden, aus denen alle jene Körper, welche vollkommen gemischte genannt werden, unmittelbar zusammengesetzt sind, und in die sie schließlich aufgelöst werden“ (S. 84, 85). Der Ausdruck „wie jene Chemiker, welche am deutlichsten reden“ zeigt, daß diese Begriffsbestimmung nicht vollkommen neu und nicht das Kernstück der großen Arbeit war; der skeptische Chemiker bewies unerbittlich die Unhaltbarkeit von Trugschlüssen, die bisher als berechtigt hingenommen wurden. BOYLE hielt es sogar für zweifelhaft, daß es

Elemente in seinem Sinne gebe. „Es gibt andere und wahrscheinlichere Erklärungsweisen, besonders diejenige, welche die Eigenschaften der Körper aus der Bewegung, Gestalt und Struktur ihrer kleinen Teilchen ableitet“ (S. 79). Als die Welt entstand, muß ein ordnendes Prinzip, „ein architektonisches Prinzip“, gewaltet haben; als Prinzipien der jetzt bestehenden Welt bezeichnete er mit Vorsicht und Vorbehalten „Materie, Bewegung und Ruhe“ (S. 90). „Die Verschiedenheit der Körper kann von der bloßen Verschiedenheit der Struktur abhängen, die der ihnen gemeinsamen Materie aufgeprägt wird“ (S. 99).

Aus diesem wunderbaren Werke BOYLES leuchtet wie aus einem Zauberspiegel ein Teil der

späteren Chemiegeschichte; an die Stelle der aristotelischen Elemente und der paracelsischen Prinzipien trat eine große Zahl von Grundstoffen; sie ließen sich zu einem System ordnen, das durch seine Elementenfamilien den geheimen Glauben an einen gesetzmäßigen Bau der unzerlegbar scheinenden Elemente in sich barg; dann wurde der unbeeinflussbare Zerfall der radioaktiven Grundstoffe entdeckt, und schließlich gelang das Zerschlagen einzelner Elemente in solche mit kleinerem Atomgewicht. Im 20. Jahrhundert sind wir zu Ansichten gekommen, die nur in der verfeinerten Form von dem Glauben BOYLES an eine Urmaterie abweichen.

R. Winderlich, Oldenburg i. O.

4. Unterricht und Methode.

Kosten der Ausrüstung der Physikräume.

Es gibt keinen allgemeingültigen Plan für die Physikräume einer Schule und ihre Ausrüstung. Im 9. Heft der Mitteilungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht¹ ist dargestellt, wie der Raumbedarf in jedem Falle berechnet wird. Von der Zahl der Schüler ist die Größe der Unterrichtsräume, von der Zahl der Stunden in der Woche die Zahl der Räume überhaupt, von der Zahl der am Unterricht beteiligten Lehrer der Raumbedarf für Vorbereitung abhängig. Mancherlei anderes ist außerdem zu berücksichtigen; ferner ergeben sich immer verschiedene Möglichkeiten der Anordnung und Ausrüstung der Räume. Im genannten Heft sind Vorschläge und Andeutungen dafür gegeben; die Kostenfrage ist aber nicht erörtert, weil Zahlenangaben doch nur sehr kurzfristige Bedeutung gehabt hätten. Für den Entwurf einer Neu-einrichtung oder Umgestaltung sind aber Kostenabschätzungen eine sehr wichtige Vorarbeit. Es sei deshalb zur Erleichterung derartiger Anschläge mitgeteilt, wie hoch sich gegenwärtig die Kosten für bescheidene Ausrüstung der Physik in einer 18klassigen Vollandanstalt stellen. Die Aufwendungen für die Sammlung sind darin nicht enthalten. Ebenso sind die Kosten für die Leitungen und Beleuchtung nicht abgeschätzt, weil sie zu sehr verschieden ausfallen.

Physiklehrzimmer

(nach Bild 5 der Mitteilungen, Heft 9).

1 Experimentiertisch	600.—
1 Wasserstrahlpumpe	30.—
2 Zusatztische	240.—
3 Deckenhaken	30.—
1 Wandtafel	70.—
2 Koordinatentafeln	60.—
1 Rollschirm mit Zubehör	150.—
1 Aufzug für Bildtafeln	30.—

Übertrag: RM 1210.—

¹ W. VOLKMANN, Die Berechnung des Raumbedarfs für den naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterricht. Leipzig 1928. Quelle und Meyer.

Übertrag: RM 1210.—

1 Schalttafel ¹	900.—
1 Sammlerbatterie, 4 Volt, tragbar	75.—
1 Spiegelgalvanometer mit Zubehör	350.—
1 Abstellregal mit Verschuß	250.—
4 Fensterverdunkelungen	480.—
48 Schülerplätze je 40.— RM	1920.—
30 qm Stufenbau je 30.— RM	900.—
1 Projektionsgerät ²	1200.—

RM 7285.—

Wandtafelbeleuchtung, Raumbelichtung, Gas, Wasser, Abwasserleitung, elektrische Leitungen.

Physik, Vorbereitungszimmer.

2 Wasserbecken	140.—
4 Wasserhähne mit Verschraubung	40.—
1 Wasserstrahlgebläse	50.—
3 Ablaufbretter	75.—
1 Glasblastisch ohne Balgen mit Lampe	80.—
1 Fletschergebläse	40.—
1 Glasrohrregal zum Hängen	100.—
4 Schränke	1200.—
2 Kleine Schränke	400.—
2 Regale	240.—
3 Tische 80 × 120 cm mit Schub	300.—
3 Tische 80 × 60	210.—
2 Gauß-Stelltische	160.—
1 Experimentierwiderstand ³	380.—
3 Verdunkelungen	360.—
1 Leiste mit Kleiderhaken	20.—
6 Stühle	60.—
Bücher	400.—
Stellzeug, Schraubzwingen usw.	800.—
Linsen, Lampen für Projektion	200.—
Vorräte, Flaschenkorke, elektr. usw.	200.—
Verschiedenes	—.—

RM 5455.—

Beleuchtung, Gasanschlüsse, Elektr. Anschlüsse.

¹ Bei Gleichstromanschluß. Im Drehstromnetz andere Ausrüstung.

² Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft, H. 12: W. VOLKMANN, Die Linsenoptik in der Schule, 1927; S. 35–42, 96–101.

³ Bei Gleichstrom. Bei Wechselstrom: tragbarer Umformer und Transformator.

Physik, Übraum.

8 Schülertische je 200.— RM . . .	1600.—
1 Lehrertisch	400.—
3 Wasserbecken je 70.— RM . . .	210.—
9 Wasserhähne je 10.— RM . . .	90.—
8 Deckenpendel je 40.— RM . . .	320.—
1 Verteilungstafel	300.—
Leitungen	—
Raumbelichtung	—
3 Abtropfbretter je 25.— RM . . .	75.—
5 Verdunkelungen	500.—
Wandtafeln, Koordinatentafel . .	100.—
Regalbretter (Wandborte)	200.—
Schrank	300.—
Kästen	600.—
	<hr/>
	RM 4695.—

Physik, Werkstatt.

Feilbank	200.—
Großer Schraubstock	80.—
Kleiner Schraubstock	30.—
3 Werkzeugregale	240.—
Werkzeuge	1000.—
Hobelbank	150.—
Drehbank	1000.—
Schrank	300.—
	<hr/>
	Übertrag: RM 3000.—

Übertrag: RM 3000.—

Regal	150.—
Werkstoffregale	200.—
Wasserbecken	45.—
Wasserhahn	5.—
Gasanschluß	—
Elektrische Steckdose	—
Beleuchtung	—
	<hr/>
	RM 3400.—

Physik, Sammlung.

20 Schränke	6000.—
2 Regale	300.—
4 Tische	240.—
Beleuchtung	—
	<hr/>
	RM 6540.—

18klassige Real-Vollanstalt.

Physiklehrzimmer	7285.—
Vorbereitungszimmer	5455.—
Übraum	4695.—
Werkstatt	3400.—
Sammlung	6540.—
	<hr/>
	RM 27375.—

Dazu Beleuchtung und Leitungen für Gas,
Wasser und Elektrizität.

W. Volkmann.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung. Von R. COURANT. Zweiter Band: Funktionen mehrerer Veränderlicher. VII, 360 S. mit 88 Textfiguren. Berlin 1929. Julius Springer. Geb. RM 18.60.

Die allgemeinen Grundsätze der Darstellung, die bei Abfassung des ersten Bandes maßgebend waren — Zurückgehen auf die anschaulichen Quellen und unmittelbares Hinführen zu den Anwendungen bei aller Wahrung der Strenge — werden auch im vorliegenden zweiten Bande befolgt. Wir haben den Standpunkt des Verfassers bereits gelegentlich der Anzeige des ersten Bandes (vgl. diese Zeitschrift 41; 1928, S. 49) ausführlich gewürdigt. Wir können hier darauf verweisen und uns auf einen kurzen Bericht über die Stoffauswahl im zweiten Bande beschränken. Im ersten Kapitel, welches nach dem Rat des Verfassers zunächst übergangen und beim Lesen der späteren Kapitel nur bei Bedarf herangezogen werden sollte, sind einfache Tatsachen aus der analytischen Geometrie, über Vektoren und Determinanten in der Form wie sie im folgenden benutzt werden, zusammengestellt. Die nächsten beiden Kapitel bringen die Differentialrechnung für Funktionen mehrerer Veränderlicher unter ständiger Heranziehung von geometrischer Veranschaulichung und mit Anwendungen auf Vektorfelder, Transformationen und Abbildungen, auf Kurven- und Flächentheorie sowie auf Maxima und Minima. Es folgen zwei Kapitel über Integrale von Funktionen mehrerer Veränderlicher, worin die Gebiets-

integrale mit den Integralsätzen von GAUSS, GREEN und STOKES eine eingehende Behandlung erfahren. Die physikalische Bedeutung der vorgenommenen Entwicklungen wird hierbei überall besonders hervorgehoben. Das letzte Kapitel enthält eine Reihe von Anwendungen insbesondere aus der Mechanik unter Heranziehung einfacher typischer Differentialgleichungen. Hinter dem Sachverzeichnis folgt als Anhang noch ein Verzeichnis der wichtigsten Formeln und Sätze zu beiden Bänden des Werkes. Nach Auswahl und Behandlung des Stoffes ist auch der zweite Band zur Einführung für den Anfänger ganz hervorragend geeignet, ebenso zum gelegentlichen Nachschlagen für alle, welche sich den Anwendungen der Mathematik widmen. W. Kramer.

Höhere Mathematik. Von R. ROTHE. Teil II. (Teubners mathematische Leitfäden Bd. 22). VIII, 201 S. mit 96 Figuren im Text. Leipzig 1929. B. G. Teubner. Kart. RM 6.40.

Das zweite Bändchen der im ganzen auf drei Bändchen berechneten Einführung in die höhere Mathematik bringt neben dem Ausbau der Integralrechnung die unendlichen Reihen, insbesondere die Potenzreihen, Integrale, die von einem Parameter abhängen, Linienintegrale, Integrationen im komplexen Gebiet, sowie einiges über Determinanten und die Vektorrechnung. Wieder ist durch Einfügung eines reichhaltigen Übungsstoffes dafür gesorgt, daß der Lernende seine Kräfte erproben kann. Für jedes behandelte Ge-

biet wird zunächst die exakte mathematische Grundlage gegeben, danach wird gezeigt, wie entsprechende angewandte Probleme in Angriff genommen werden. Dabei verrät Auswahl und Darbietung des Stoffes überall die sichere Hand des erfahrenen Hochschullehrers.

Der Leitfaden ist zunächst für den Gebrauch der Studierenden der Mathematik, der Physik und der Ingenieurwissenschaften bestimmt. Doch auch für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht an den höheren Lehranstalten bietet er reiche Anregung und wird deshalb den Fachlehrern ganz besonders empfohlen.

W. Kramer.

Angewandte Differential- und Integralrechnung. Von A. HARNACK. (Studienbücher der Mathematik, der Naturwissenschaften und der Technik, Band 1). X, 265 S. mit 76 Figuren im Text. Berlin 1923. Otto Salle. Geb. RM 10.—

Das Buch will in die Infinitesimalrechnung einführen, so daß Verständlichkeit und Anwendbarkeit der neuen Begriffe deutlich hervortreten. Verfasser ist der Ansicht — vgl. auch seinen Vortrag auf der Hamburger Naturforschertagung — daß es zwar nicht möglich ist, einen für Anfänger berechneten Aufbau der Infinitesimalrechnung in voller wissenschaftlicher Allgemeingültigkeit und Vollständigkeit durchzuführen, daß es aber doch nötig ist, gewisse Begriffe sorgfältiger und vor allem auch durchsichtiger zu fassen, als dies häufig geschieht. Als solche Begriffe hebt er hervor die Begriffe der Funktion, der Annäherung, des Limes, Differential und Integral, die er im ersten Teil seines Buches eingehend behandelt. Es folgt eine Einführung in die Elemente der Differential- und Integralrechnung, sowie einiges über Differentialgleichungen erster und zweiter Ordnung. Überall wird die Anwendbarkeit der mathematischen Entwicklungen sofort an praktischen Beispielen aus den verschiedensten physikalischen und technischen Gebieten dargetan. Zu bedauern ist, daß Verfasser hierbei nicht dieselbe Sorgfalt verwendet, wie in den rein mathematischen Teilen seines Buches. Angaben wie $g = 10$ (g die Erdbeschleunigung) und ähnliches mehr sollten in einem Buche, welches zur Sauberkeit erziehen will, vermieden sein.

W. Kramer.

Lehrbuch der Funktionentheorie. Von W. F. OSGOOD. Erster Band, fünfte Auflage. XIV, 818 S. mit 174 Figuren im Text. Leipzig 1928. B. G. Teubner. Geb. RM 44.—

Den außerordentlichen Erfolg des Buches, welches nach 22 Jahren in fünfter, nur unwesentlich veränderter Auflage herauskommt, vermag die präzise und gut faßliche Art der Darstellung allein nicht zu erklären. Vielmehr spricht ein gutes Teil Voraussicht auf Seiten des Verfassers über die vermutliche Richtung des wissenschaftlichen Fortschrittes auf dem Sondergebiet, dessen Grundlagen das Buch bieten soll, entscheidend dabei mit. Das OSGOODsche Buch erhält durch folgende Tatsachen sein besonderes Gepräge. Die grundlegenden Sätze der reellen Analysis und die ge-

bräuchlichen modernen Beweismethoden sind so, wie sie für den besonderen Zweck der komplexen Funktionentheorie gebraucht werden, in möglichst einfacher Formulierung zusammen mit den unentbehrlichen Untersuchungen über Punktmengen in einem einleitenden Abschnitt zusammengestellt. Die vorgenommenen Entwicklungen bleiben in engster Fühlung mit der Geometrie und der mathematischen Physik. Von der konformen Abbildung wird ausgiebig Gebrauch gemacht. Das Problem der Uniformisierung erfährt eine eingehende und durchsichtige Behandlung. Überall bleiben die allgemeinen Zusammenhänge im Vordergrund der Darstellung, spezielle Funktionen werden nur zur Anwendung herangezogen. Infolge seiner so charakterisierten Eigenart gibt das Buch in der Tat ein angemessenes Fundament für moderne Arbeiten in der Funktionentheorie ab und erscheint geeignet, noch Generationen von Mathematikern in dieses Gebiet einzuführen.

W. Kramer.

Die Mathematik an den deutschen höheren Schulen. Von FRIEDRICH GRUNDEL. (12. und 13. Beiheft zur Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht). Teil I: Von der Zeit Karls des Großen bis zum Ende des 17. Jahrhunderts. VI, 110 S. Leipzig 1928. B. G. Teubner. Geh. RM 5.—. Teil II: Vom Anfang des 18. Jahrhunderts bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts. VI, 148 S. Leipzig 1929. B. G. Teubner. Geh. RM 6.60.

Schriften zur Geschichte des mathematischen Unterrichts sind in der gegenwärtigen Phase produktiven Hochbetriebes in Schule und Wissenschaft nicht sehr zeitgemäß. Wer aber trotzdem die nötige Muße aufbringt, um sich mit dem Treiben vergangener Zeiten zu beschäftigen, der wird mit Interesse die vorliegenden beiden Hefte lesen, in welchen die Schicksale des mathematischen Unterrichtes an deutschen höheren Schulen im Wandel der Jahrhunderte anschaulich geschildert werden. Er erfährt daraus z. B., wie zuweilen Zufälligkeiten, wie etwa die Beweglichkeit des Osterfestes, entscheidend bei der Frage über Sein oder Nichtsein der Mathematik als Unterrichtsfach mitgewirkt haben. In sehr sorgfältiger Weise sucht der Verfasser neben den programmatischen Lehrzielen nach Möglichkeit auch die tatsächlich erreichten Leistungen festzustellen; auch macht er die Einzelheiten der vorliegenden Urkunden dem Leser weitgehend zugänglich und setzt diesen so in Stand, die Zusammenfassungen des Verfassers kritisch zu beurteilen. — Die beiden Hefte verdienen in hohem Maße die Beachtung der Fachgenossen und seien besonders zum Gebrauch bei der Ausbildung der Referendare empfohlen.

W. Kramer.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. 24 Bände. Berlin 1926—1929, Julius Springer.

Das Handbuch der Physik liegt seit Mitte des Jahres 1929 abgeschlossen vor. Das Programm des ganzen Werkes ist im Vorwort zum ersten Band gegeben: „Das Handbuch der Physik soll eine

lückenlose Darstellung des derzeitigen Standes der experimentellen und theoretischen Physik bieten. Es umfaßt insgesamt 24 Bände, von denen Band I bis III Geschichte, Vorlesungstechnik, Einheiten, mathematische Hilfsmittel, Band IV Grundlagen der Physik, Band V bis VIII Mechanik einschließlich Akustik, Band IX bis XI Wärme, Band XII bis XVII Elektrizität und Magnetismus, Band XVIII bis XXI Optik aller Wellenlängen, Band XXII bis XXIV Aufbau der Materie und Wesen der Strahlung behandeln. Durch weitgehende Unterteilung des gesamten Stoffes auf die in den einzelnen Sondergebieten tätigen Forscher wurde eine wirklich moderne und kritische Darstellung angestrebt.“

Was seinerzeit wohl die wenigsten für möglich gehalten haben, ist Tatsache geworden: innerhalb von 3 Jahren sind sämtliche 24 Bände erschienen. Ein gewaltiges und bedeutungsvolles Werk ist damit vollbracht, ein Werk, auf das die Herausgeber und der Verlag in gleicher Weise stolz sein können. Charakteristisch für das Handbuch ist es, daß jeder einzelne Abschnitt von einem hervorragenden Sachkenner bearbeitet worden ist, so daß stets der neueste Stand unseres Wissens zur Darstellung gekommen und ein Werk entstanden ist, dem wir kein zweites an die Seite zu stellen haben. Die einzelnen Bände sind sämtlich in den letzten Jahrgängen dieser Zeitschrift (von Band 39 ab) besprochen worden. Das Handbuch ist nicht nur als Nachschlagewerk für jeden Physiker unentbehrlich; fast jedes Kapitel bietet eine so vorzügliche Vertiefung des betreffenden Gebietes, gibt eine so große Menge von Anregungen, daß auch der Lehrer an höheren Schulen immer wieder dazu greifen sollte. Wo es möglich ist, sollte das ganze Werk für die Bücherei angeschafft werden; wo das nicht angeht, sollten wenigstens einige Bände beschafft werden. Auf die grundsätzlichen Erörterungen in den Bänden I und IV sei in diesem Zusammenhang nochmals besonders hingewiesen. *Lamla.*

Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 11. Auflage. Erster Band. Dritter Teil: Akustik. Unter Mitwirkung von P. CERMAK, J. FRIESE, A. KALÄHNE, E. MEYER und K. SCHUSTER, bearbeitet von ERICH WAETZMANN. 484 S. mit 393 Abbildungen. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, A.-G., Braunschweig 1929. Geh. RM 29.—, geb. RM 32.—.

Die Akustik war lange Zeit ein vernachlässigtes Gebiet, da man leicht geneigt war, es für abgeschlossen zu halten. Die Entwicklung der Physik und der Technik während und besonders nach dem Kriege hat aber gezeigt, daß auch hier noch viele bedeutende Probleme der Lösung harren und teilweise noch harren. Dieser Umstand wird dem Leser so recht klar, wenn er die letzte Auflage der Akustik im MÜLLER-POUILLET mit der vorliegenden vergleicht. Rein äußerlich schon ist ihr Umfang nahezu verdoppelt. Inhaltlich aber ist sie völlig umgestaltet und stark erweitert. Die allgemeine Wellenlehre aus CERMAK'S Feder leitet den Band ein. Sie bringt die allgemeinen Grundlagen der Akustik und Versuche dazu, die auch für den Schulunterricht sehr ge-

eignet sind und manchen Akustikunterricht lebendiger zu gestalten vermögen. Dann folgen, von E. WAETZMANN bearbeitet, die Grundphänomene des Schalls und die Gliederung des Tonbereiches. Hier umreißt er zunächst kurz das Gebiet der physikalischen Akustik, entwickelt dann die verschiedenen Schallarten und die sekundären Klangercheinungen und geht schließlich auf das Gebiet der ponderomotorischen Wirkungen des Schalles über, auf dem er selbst mit Erfolg forschend tätig ist. Die reine musikalische Akustik, die Gliederung des Tonbereiches, führt A. KALÄHNE durch. Im dritten Kapitel beschäftigt sich E. WAETZMANN mit dem Hören, ein Kapitel, das ja auch in letzter Zeit theoretische und experimentelle Bearbeitung gefunden hat. Hieran schließen sich die primären Schallgeber (von WAETZMANN), Saiten und Stäbe, Membranen und Platten sowie Luftmassen, die in einem besonderen Abschnitt über die Musikinstrumente (von A. KALÄHNE) ausmünden; sie werden eingehend behandelt, was gerade den musikalischen Physikern von großem Interesse sein wird, zumal eben dieses Gebiet in neuester Zeit in objektiv-messender Forschung umfassend bearbeitet ist und zu hochinteressanten Ergebnissen geführt hat, ebenso wie die Untersuchungen über die menschliche Stimme (von WAETZMANN). Ebenfalls in die modernsten Arbeiten führt das Kapitel über Schallempfänger und sekundäre Schallgeber (von WAETZMANN und zum Teil von E. MEYER bearbeitet), das gerade durch den Rundfunk mit seinen akustischen Problemen der Sendung und des Empfangs heute jedermanns Interesse in Anspruch nimmt. Hier werden eingehend die Schallaufnahme und die Klanganalyse sowie die Schallwiedergabe durch Lautsprecher behandelt. Die Messung der Intensität des Schalles hat E. MEYER bearbeitet. Die Ausbreitung des Schalles ist unterteilt in Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Bearbeitung von E. WAETZMANN und J. FRIESE, die gestörte Schallausbreitung, bearbeitet von E. WAETZMANN und K. SCHUSTER, Interferenz und Siebketten (von denselben) und schließlich Raum- und Bauakustik (auch von denselben). Daß dieses letzte Kapitel mit aufgenommen und eingehend behandelt ist, zeigt, daß die Hörsamkeit großer Räume heute nicht mehr dem Zufall überlassen zu werden braucht wie früher. Alle Faktoren der Hörsamkeit werden untersucht und die Methoden zu ihrer Erforschung klargelegt, Beobachtungs- und Rechnungsergebnisse sowie Regeln zur Erzielung guter Hörsamkeit gegeben. Die allgemeinen Grundlagen der Bauakustik nebst deren Untersuchungsmethoden beschließen die Ausführungen. Ein ausführliches Namen- und Sachregister erhöht den Wert dieses Bandes als Nachschlagewerk.—Daß überall bis zu den modernsten Forschungsergebnissen geführt wird, dafür bürgen schon die Namen der Bearbeiter, die sämtlich als Forscher auf den von ihnen bearbeiteten Gebieten tätig sind. Trotz der verschiedenen Verfasser der einzelnen Kapitel, macht das ganze Werk doch einen durchaus einheitlichen, geschlossenen Eindruck. Sehr wesentlich für interessierte Leser sind

die Literaturzitate in jedem Abschnitt, die leicht Material für tiefergehende Forschungen zu finden gestatten. Obwohl der Charakter eines Lehrbuches, das auch für Anfänger geeignet sein soll, der Tradition des MÜLLER-POUILLET getreu gewahrt wurde, so bietet es doch auch dem eingeweihten Leser viel Anregungen, zumal auch mathematische Entwicklungen und schwierigere Probleme exakt erörtert werden, die, durch Kleindruck gekennzeichnet, der Anfänger zunächst ohne Nachteil überschlagen kann. So ist hier die 11. Auflage der Akustik des MÜLLER-POUILLET zu einem Standard-Lehrbuch geworden, dessen Studium den Schulphysikern und Studenten warm empfohlen werden kann. Es ist ein Genuß, dieses Buch zu lesen.

A. Wenzel.

Die Adsorption. Von OTTO BLÜH und NANDOR STARK. Braunschweig 1929, Sammlung Vieweg, Heft 93. 136 Seiten mit 30 Abbildungen im Text. Geb. RM 7.75.

Das Buch ist ein theoretisch-physikalisches; mir als Chemiker steht also nicht kritische, nur referierende Besprechung zu. Bekanntlich bezeichnet man mit Adsorption die Anheftung von Gasen und gelösten Stoffen an Oberflächen, wie sie z. B. mit Ammoniak und Farbstoffen an Kohle längst im Schulversuch gezeigt wird. Empirisch stellte man die Abhängigkeit der pro Gramm Adsorbens adsorbierten Menge a vom Druck p oder der Konzentration c für eine bestimmte Temperatur fest. Diese „Adsorptionsisotherme“ zeigt charakteristischen Verlauf im a/p oder a/c Diagramm: steiler Anstieg von a bei kleinen p - (c -) Werten, und allmählicher Übergang zur Sättigungshorizontalen, wo a konstant wird. Im $\log a/\log p$ -Diagramm entsteht nahezu eine Gerade, so daß a eine ungefähr logarithmische Funktion von p (c) ist. Wir haben diese Isotherme in den Übungen schon wiederholt nach Wo. OSTWALDS Praktikum der Kolloidchemie mit Essigsäure an Blutkohle ermittelt, wobei die adsorbierte, d. i. verschwundene Menge durch Rücktitration bestimmt wird. Die zweite experimentelle Feststellung betrifft die Adsorptionswärme, die positiv, aber im Verhältnis zu chemischen Reaktionswärmen meist klein ist. Dann muß natürlich nach dem Prinzip von LE CHATELIER die Adsorption mit steigender Temperatur abnehmen.

Das Buch setzt sich nur mit den reinen Adsorptionserscheinungen auseinander, d. h. sucht die Fälle auszuscheiden, wo eine Lösung des Adsorptivs im Adsorbens (Wasserstoff/Palladium) oder eine Kapillarkondensation (Dämpfe unterhalb der kritischen Temperatur) oder schließlich eine chemische Bindung (Basen an kolloider Kieselsäure „Silikagel“; Chemosorption) vorliegen könnte, welcher Verdacht durch atypischen Isothermenverlauf entsteht. Ferner beschränkt es sich auf die Behandlung der Adsorption an festen Oberflächen, wobei getrennt Gas- und Lösungsadsorption behandelt werden.

Die Theorien zur Erklärung der Adsorption von FREUNDLICH, EUCKEN und POLANYI, LORENZ und LANDÉ werden kritisch dargestellt und mit-

einander verglichen. Die Verfasser hoffen auf eine Theorie, die weder das Adsorbens, noch das Adsorptiv idealisiert.

Vom weiteren Inhalt des interessanten Buches seien nur aufgezählt: Erörterung der Dicke der adsorbierten Schicht (Experimente sprechen für monomolekularen Bau); Inhomogenität der Oberflächen, wo neben Bezirken mit starker Adsorptionskraft schwächere liegen können; experimentelle Methoden zur Feststellung der Isotherme und der Adsorptionswärme; Einzelheiten über die besten Adsorbentien: „aktivierte“ Kohle, entwässertes Chabasit und Silikagel. Die praktische Bedeutung der Adsorption ist auf 4 Seiten nur ganz kurz gestreift, z. B. in der Vakuumtechnik und bei der Katalyse von Gasreaktionen. Dieses letzte uns Chemiker besonders interessierende Gebiet ist erschöpfend im vorletzten Band der „Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften“ (Springer 1928) von G. M. SCHWAB behandelt, worauf ergänzend hingewiesen sei. Als theoretische Basis dienen den zahlreichen amerikanischen Bearbeitern dieses Gebietes die Vorstellungen ihres Landmannes LANGMUIR, neben denen die „Chemosorption“ eine große Rolle spielt.

Schneider, Plauen.

Physik des Himmels. Von Dr. E. CASPAR, ASCHENDORFFS naturwissenschaftliche Arbeitshefte. 32 Seiten und 1 Sternkarte. Münster i. W. 1929, Aschendorff, 60 Pfg.

Ausgehend von der scheinbaren täglichen Drehung des Himmelsgewölbes werden die üblichen Koordinatensysteme für die Ortsbestimmung am Himmel, die beiden in der Astronomie gebräuchlichen Zeitmaße und der Kalender behandelt. In dem folgenden Abschnitt über die Größe und Gestalt der Erde wird auch auf die geschichtliche Entwicklung des Problems der Vermessung der Erdoberfläche eingegangen. Bei der Behandlung der Bewegungen der Körper des Sonnensystems werden die Gründe angeführt, welche für das kopernikanische und gegen das ptolemäische Weltssystem sprechen, auch werden die Methoden der Entfernungsbestimmung der Himmelskörper erläutert. Ein letzter Abschnitt behandelt die physikalischen Zustände der Himmelskörper, enthält eine Zusammenstellung der wichtigsten Daten der großen Planeten, eine Übersicht der Spektralklassen und Angaben über die Gestalt und Größe des Sternsystems.

In fast allen Kapiteln sind Aufgaben zur Beobachtung oder Messung gestellt, die sich durchweg mit einfachen Hilfsmitteln erledigen lassen.

Kohl.

Astronomie allgemeinverständlich dargestellt. Von V. V. STRATONOV. Übersetzung aus dem russischen Manuskript von M. CHOVANEC unter Redaktion von A. PREY. Mit 292 Abbildungen und 55 farbigen und schwarzen Kunstdrucktafeln. Prag 1929, B. Koči. Auslieferung in Leipzig bei F. A. Brockhaus. Jede Lieferung RM 1.20.

Auf Veranlassung des russischen Staatsverlages hat der Verfasser ein Buch über Astronomie

geschrieben, das für die breiten Massen des russischen Volkes verständlich sein sollte. Dieser Charakter kommt auch in der vorliegenden deutschen Übersetzung zur Geltung.

Das gesamte Werk wird in 12 Bücher eingeteilt, deren Inhalt durch folgende Titelangaben zu erkennen ist: 1. Im Himmellozean, 2. Das Tagesgestirn, 3. Der Erdball, 4. Die Bewegungen der Erde, 5. Das Nachtgestirn, 6. Die Nachbarwelten, 7. Der rote Planet, 8. Meteore und Kometen, 9. Die Sternwelten, 10. Sternhaufen und Nebelflecken, 11. Die Milchstraße und der Weltbau, 12. Die Bedeutung der Astronomie für das Leben. Von diesen sind bisher nur die ersten beiden Bücher in 4 Lieferungen erschienen.

In belebender, oft poetischer Schilderung wird der Leser auf einem Fluge durch den Weltraum zuerst mit den Körpern des Sonnensystems bekannt gemacht. Die Reise führt ihn dann weiter zu den benachbarten Sternen, Sternhaufen und Nebelflecken und macht ihn gleichzeitig vertraut mit der Größe des Sternsystems. Die Darstellung ist fesselnd gehalten; ohne irgend welche Vorkenntnisse wird sich ein jeder Leser mit den Errungenschaften der Astronomie bekannt machen können. Eine große Zahl von Abbildungen und Tafeln belebt die Lektüre des Buches in vorteilhafter Weise. *Kohl.*

Die Instrumente der Sternwarte zu Marâgha nach den Mitteilungen von Al'Urdî. Von H. J. SEEMANN. Sitzungsber. d. physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen, Bd. 60. 1928. S. 15—126. Erlangen, Kommissionsverlag von Max Mencke.

Der Verfasser liefert durch die Übersetzung der Schrift von Al'Urdî über die Instrumente der Sternwarte zu Marâgha (südlich von Täbris) einen wertvollen Beitrag zur Kenntnis der astronomischen Instrumente des Mittelalters. In der Schrift werden ausführliche Einzelheiten über die Konstruktion und Verwendung der schon vom Altertum her bekannten Hauptinstrumente Mauერquadrant und Armillarsphäre gegeben, aber auch über neue von Al'Urdî um die Mitte des 13. Jahrhunderts für die Sternwarte von Marâgha eigens konstruierte Instrumente. Die Ausrüstung der Sternwarte mit Instrumenten der verschiedensten Art ist sehr reichhaltig gewesen und läßt die hohe Blüte der Astronomie bei den Arabern klar erkennen. Um so mehr ist es zu bedauern, daß wir von den dort ausgeführten Beobachtungen keine Überlieferungen besitzen. *Kohl.*

Neue Astronomie. Von JOHANNES KEPLER. Übersetzt und eingeleitet von MAX CASPAR. Mit XIII und 68 Figuren. München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 4°. 66 und 416 Seiten. In Leinen geb. RM 38.50.

Neben KOPERNIKUS' „De Revolutionibus“ (1543) und NEWTONS „Principia Mathematica“ (1687) ist KEPLERS „Astronomia Nova“ (1609) das wichtigste Werk für die Geschichte der Astronomie. Es ist aus diesem Grunde sehr zu begrüßen, daß durch die vortrefflich gelungene Übersetzung

dieses grundlegenden Werkes durch Prof. CASPAR der heutigen Gelehrten generation die Möglichkeit gegeben wird, sich mit den Gedankengängen KEPLERS vertraut zu machen, die ihn zur Entdeckung seiner beiden ersten Gesetze über die Bewegung der Planeten führten. Besonderes Verdienst hat sich der Herausgeber dadurch erworben, daß er die Lektüre des an sich etwas schwierigen KEPLERSchen Buches durch eine ausführliche Einleitung erleichtert, in welcher er die zum Verständnis der „Neuen Astronomie“ unbedingt notwendige Bekanntschaft mit den vor KEPLER bestehenden Planetentheorien vermittelt, eine Entwicklungsgeschichte der „Astronomia Nova“ gibt und ihren Aufbau und ihre Bedeutung behandelt.

In 70 Kapiteln, die zu vier Teilen zusammengefaßt sind, teilt KEPLER seine Untersuchungen über die Bewegung des Planeten Mars mit. Eine ausführliche Inhaltsangabe der einzelnen Kapitel erleichtert das Studium des Werkes. Diese erscheint sehr willkommen, denn KEPLER teilt auch alle fehlgeschlagenen Versuche mit, wodurch die Übersichtlichkeit seines Werkes etwas erschwert wird. Auf den Inhalt der KEPLERSchen Untersuchungen im einzelnen genauer einzugehen, erübrigt sich. Erwähnt sei noch, daß der Herausgeber durch eine große Zahl von Anmerkungen zu erläuterungsbedürftigen Stellen das Studium des Buches merkbar erleichtert hat.

Die würdige Form, in welcher die Übersetzung des großen KEPLERSchen Werkes erscheint, und die gediegene Ausstattung durch den Verlag bei dem für die heutige Zeit erstaunlich niedrigen Preis verdienen besonders hervorgehoben zu werden. *Kohl.*

Die Himmelswelt. Mitteilungen der Vereinigung von Freunden der Astronomie und kosmischen Physik e. V. Berlin und Bonn, Ferd. Dümmler. Jährlich RM 12.—.

Das Schlußheft des 39. Jahrganges der „Himmelswelt“ bietet dem Liebhaber der Astronomie wieder eine reiche Fülle von Mitteilungen aus den verschiedensten Gebieten der Sternkunde. Aus dem Inhalt des Heftes sei nur folgendes herausgegriffen: Quерlängentafel zur Ermittlung absoluter Größen aus scheinbaren, Spektrum der Mira Ceti, W Ursae majoris, Ein selbsthergestelltes Äquatorial, Sonnenstrahlungsmessungen während der atmosphärischen Störung. Kleinere Mitteilungen, Zeitschriftenschau und literarische Anzeigen beschließen das vorliegende Heft der gut geleiteten Zeitschrift, die jedem Liebhaber der Astronomie warm empfohlen werden kann. *Kohl.*

Joseph Fraunhofers Leben, Leistungen und Wirksamkeit. Nach Quellen geschildert von Dr. MORITZ v. ROHR, wissenschaftl. Mitarbeiter bei Carl Zeiß und a. o. Professor an der Universität Jena. Mit einem Titelbild, 39 Abbildungen und einer Tafel. XX und 233 Seiten. Leipzig 1929, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. Preis RM 13.—; geb. RM 15.—. (Band 10 der Samm-

lung: Große Männer, Studien zur Biologie des Genies, herausgegeben von WILHELM OSTWALD.)

Mit seiner wiederholt bewährten Sorgfalt geht Verf. den Nachrichten über FRAUNHOFERS Leben und Wirken nach und prüft jede Mitteilung späterer Hand auf ihre Zuverlässigkeit. Wenn es auch gelungen ist, manche bisher unbekannte Nachricht aufzufinden und manchen Zweifel zu klären, so bleiben doch recht empfindliche Lücken. FRAUNHOFER war nämlich sehr zurückhaltend mit Aussagen über sich selbst und über andere und hat über die Entwicklung seiner Erfahrungen in der Glashütte, in der Werkstatt und bei der Berechnung aus geschäftlichen Rücksichten mit Erfolg einen dichten Schleier gebreitet. Unter diesen Umständen hat Verf. davon Abstand genommen, ein abgerundetes Lebensbild zu geben und sich damit begnügt, von verschiedenen Seiten her dem Verständnis für diesen außergewöhnlichen Mann näher zu kommen. Die Empfindung für die Schwierigkeit der übernommenen Aufgabe spiegelt sich wider in einer nachdenklichen einleitenden Betrachtung darüber, welchen Eindruck von FRAUNHOFER wohl verschiedene Zeitgenossen und Nachfahren gehabt haben mögen. Die Hauptabschnitte sind überschrieben: I. FRAUNHOFERS äußere Lebensumstände, II. FRAUNHOFER als technischer Optiker, III. FRAUNHOFERS wissenschaftliche Leistungen, IV. Das optische Institut vom Geschäftsstandpunkt betrachtet, V. FRAUNHOFER in der Geschichte.

Ein Quellenverzeichnis und ein Namenweiser beschließen das wertvolle Buch. *W. Vn.*

Das naturwissenschaftliche Weltbild der Gegenwart. Von Privatdozent Dr. A. WENZL. 135 Seiten. Leipzig 1929, Quelle und Meyer. (Wissenschaft und Bildung Band 261.) Geb. RM 1.80.

Verfasser schält in diesem Bändchen, ohne Mathematik zu verwenden, die für das naturwissenschaftliche Weltbild wesentlichen Gedanken der neuen physikalischen Theorien (Atomtheorie, Relativitätstheorie, Quantentheorie und Wellenmechanik) heraus und zeigt, welche für die Naturauffassung wichtigen Folgerungen daraus gezogen werden müssen. Dann werden im 2. Abschnitt die Theorien einer philosophischen Kritik unterzogen und dabei die wichtigsten grundsätzlichen Einwendungen gegen die physikalische Theoriebildung nachgeprüft. Abschließend behandelt das Heft auch die Philosophie des Organischen und Psychischen und rundet damit das heutige naturwissenschaftliche Weltbild im Sinne des kritischen Realismus und der induktiven Metaphysik ab. Es ist ein interessantes, besonders für fachwissenschaftlich nicht geschulte Leser geschriebenes Bändchen, das man auch Primanern ohne Bedenken in die Hand geben kann. *A. Wenzel.*

Die Meteor-Fahrt. Von F. SPIESS. Berlin 1928, Dietrich Reimer. Geh. RM 17.—; geb. RM 20.—.

In dem Buch ist der gelungene Versuch gemacht, die Erlebnisse und Ergebnisse der großen Meteor-Fahrt in allgemein verständlicher Form zu beschreiben. Geschickt sind in die Schilde-

rungen vom äußeren Verlauf der Reise Darstellungen über die wissenschaftlichen Arbeiten eingeflochten. Wer über die sinnreich durchdachten instrumentellen Einrichtungen, über Echolotungen, stereo-photogrammetrische Wellenaufnahmen, über Plankton-Untersuchungen, Meeresströmungen, Tiefenverhältnisse der Atlantik und andere Fragen aus dem reichen Arbeitsgebiet dieser großen meereskundlichen Expedition Auskunft erhalten will, der findet sie hier in ansprechender Form.

Die 420 Bilder vermitteln weitere Einblicke in das Leben an Bord wie in die Landschaft der vielen angelaufenen Länder. Besonders hervorgehoben wird mit Recht die Rolle, die diese Fahrt des „Meteor“ für die Wiederanknüpfung der Beziehungen zwischen Deutschland und der übrigen Welt gespielt hat.

Es wäre zu wünschen, daß recht viele Schulen dieses Werk kauften. Viele Abschnitte werden auch Schüler der obersten Klassen bereits mit Freude und Gewinn lesen. *Scheer.*

Hochschule und höhere Schule. Vier Vorträge, gehalten auf der 28. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Herausgegeben von ERICH GÜNTHER. V, 80 S. Berlin 1927, Otto Salle. Geh. RM 2.60.

Das vorliegende Büchlein erscheint als Heft Nr. 8 der „Beihefte der Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften“ (herausgegeben von GEORG WOLF in Hannover). Die 28. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts, die Ostern 1926 in Dresden stattfand, hat sich in ihrer zweiten allgemeinen Sitzung mit dem Thema: „Hochschule und höhere Schule“ beschäftigt. Das Hauptproblem der Sitzung war dies: Wie kann die höhere Schule im Rahmen ihres allgemeinen Bildungszieles ihre Schüler auf das Hochschulstudium vorbereiten, und welche Anforderungen stellt umgekehrt die Hochschule in diesem Punkte an die höhere Schule? Im Zusammenhang damit war die Frage zu erörtern, ob nach den bisherigen Erfahrungen die verschiedenen Formen der höheren Schulen sich nicht nur äußerlich als gleichberechtigt, sondern auch innerlich als gleichwertig erwiesen haben, was die Vorbereitung zum Hochschulstudium anbelangt. Das Heftchen enthält die Vorträge der 4 Hauptreferenten, eines Verwaltungsmannes: Stadtschulrats HARTNACKER-Dresden, zweier Hochschullehrer und eines Schulmannes: Prof. BÖTTGER (Universität Leipzig), Prof. TREFFTZ (T. H. Dresden) und Oberstudienleiters KLEBER (Bautzen). Ferner sind eine Reihe von Äußerungen aus der Aussprache aufgenommen.

Es ist selbstverständlich, daß das vorgelegte Problem keine Lösung oder einheitliche Beantwortung gefunden hat; wohl aber werden eine so große Menge von Gesichtspunkten dargeboten, daß jeder, der zu der Frage Stellung nehmen will (— und wer wollte das nicht tun? —) mit Vorteil

zu dem Büchlein greifen wird. Man kann dem Herausgeber und dem Verlag für die Veröffentlichung dankbar sein.

Lamla.

Deutschland, dargestellt auf Grund eigener Beobachtung der Karte und der Literatur. Von GUSTAV BRAUN. 2. umgearbeitete Auflage. 2. Heft „Mitteldeutschland und Schlesien“. Mit 29 Abbildungen im Text und 1 Tafel. Berlin 1929, Gebr. Borntraeger.

Dem ersten 1926 erschienenen Band „Norddeutschland“ ist nunmehr als zweiter „Mitteldeutschland und Schlesien“ gefolgt. Drei weitere Teile stehen noch aus. Ebenso wie der erste Teil beschränkt sich auch der zweite auf die Darstellung von Morphologie und Siedlung; das ist zu bedauern, weil uns eine neuere gute und ausführliche Landeskunde Deutschlands zur Zeit eigentlich vollständig fehlt. Aber der Verfasser lehnt es ausdrücklich ab, eine solche geben zu wollen. Er sollte dann allerdings die Darstellung auch nicht als „Landschaftsbild Deutschlands“ bezeichnen. Vielleicht war die Selbstbeschränkung notwendig, um das Erscheinen des Werkes nicht allzu lange hinauszuzögern.

Das, was geboten wird, ist reichhaltig und zuverlässig. Die Darstellung der morphologisch-tektonischen Verhältnisse auf geologischer Grundlage berücksichtigt alle neueren Forschungen und wird durch die zahlreichen Skizzen aufs beste unterstützt. Die Analyse der Siedlungen in Wort und Zeichnung war schon in der 1. Auflage für dieses Werk kennzeichnend und gab ihm die besondere Note. Sehr wertvoll ist die Literatur-Zusammenstellung am Schluß.

Unter Beachtung der vom Verfasser selbst hervorgehobenen Beschränkung des Stoffes kann man das Erscheinen des Buches nur begrüßen und ihm weitere Verbreitung wünschen.

Scheer.

Organisch-chemisches Praktikum. Von Dr. L. ORTHNER und Dr. L. REICHEL. Berlin 1929. Verlag Chemie, G. m. b. H. 260 S. mit 61 Abbildungen. Preis geb. RM 10.—.

Die Studiendauer des Chemikers ist in den letzten drei Jahrzehnten immer größer geworden, der Umfang des praktischen und theoretischen Arbeitstoffes in der anorganischen, organischen und physikalischen Chemie ist dauernd gewachsen. Diese Entwicklung ist zurückzuführen auf die vielseitigen Anforderungen, die die immer stärker spezialisierte Technik heute stellt. Wer aber glaubt, daß die Chemiker durch eine fortgesetzte Verlängerung ihres Studiums, dadurch, daß sie fast alle Arbeitmethoden einmal praktisch erprobt haben, produktiv leistungsfähiger werden, der irrt sich. Die wirklichen Könner arbeiten sich in jedes neue Arbeitsgebiet sehr schnell ein, wenn sie nur die eigentlich grundlegenden Arbeitsweisen kennen gelernt haben, während die mittelmäßigen Köpfe in ihren Leistungen begrenzt sind und bleiben, mögen sie noch so lange studiert und noch so viele praktische Übungen mitgemacht haben. — Ähnliche Überlegungen dürften die Verfasser bei der

Herausgabe ihres organisch-chemischen Praktikums geleitet haben. Sie wollen eine Konzentrierung und Intensivierung der Laboratoriumsarbeit in der organischen Chemie, unter Ausschaltung methodischer wie stofflicher Spezialkenntnisse, erreichen durch Ausscheiden aller nur aus der historischen Entwicklung übernommenen Präparate, durch Verbindung der Übungen mit der Theorie, durch Betonung der physikalisch-chemischen Grundlagen bewährter Arbeitmethoden. So findet man im Anfang, angeschlossen an bestimmte Präparate, die grundlegenden Manipulationen, wie Abtrennen und Ausschütteln, Destillation, Vakuumdestillation, Wasserdampfdestillation, fraktionierte Destillation, Filtration und Auswaschen, soweit als möglich, auch in den theoretischen Grundlagen dargestellt. Bei allen Präparaten sind die Mengen der Ausgangsstoffe und die Ausbeuteprocente angegeben. Jeder Verbindungsgruppe sind Erläuterungen angefügt, die ausführliche allgemeinere Zusammenhänge und die wichtigsten Bildungs- und Darstellungsweisen wiedergeben. Ein größerer Abschnitt ist der Gewinnung und Reindarstellung von Präparaten aus einer Reihe von Naturstoffen gewidmet, z. B. Chininsulfat aus Chinarin, Coffein aus Tee, Häm in aus Rinderblut, Casein und Milchzucker aus Milch, Lävulin säure aus Kartoffelstärke, Maltose aus Stärke, Fettsäuren und Glycerin aus Fett, Cholesterin und Lecithin aus Eigelb. Ferner ist die Methodik katalytischer Reaktionen beschrieben und durch einige — leider allerdings nur wenige — Beispiele belegt. Den Schluß bilden die quantitativen Analysen und die genaue Beschreibung der sehr handlichen Elementaranalysen nach der Halbmikromethode von H. TER MEULEN und J. HELINGA.

Wieweit das organisch-chemische Praktikum den Bedürfnissen des künftigen Berufschemikers gerecht wird, vermag der Referent nicht zu beurteilen; zur Einführung des künftigen Lehrers der Chemie an höheren Schulen in die organische Chemie scheint es dem Referenten jedoch geeigneter als GATTERMANN-WIELAND und HENLE.

Dm.

Lehrbuch der physikalischen Chemie. Von KARL JELLINEK. Bd. 2: Die Lehre vom festen Aggregatzustand reiner Stoffe. Die Lehre von den verdünnten Lösungen. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Stuttgart 1928, Ferdinand Enke. XIV und 924 Seiten mit 148 Tabellen und 384 Textabbildungen. Lex. 8^o. Preis geb. RM 88.—; geb. RM 92.—.

Bei der Besprechung des ersten Bandes an dieser Stelle wurde bereits gesagt, daß das Werk nicht nur wegen seines Umfanges, sondern auch wegen seines Inhalts eine Zwischenstellung zwischen Lehrbuch und Handbuch einnimmt. Auch der zweite Band läßt diesen Charakter deutlich erkennen. Es sind z. B. unwesentliche Einzelfragen, sowohl theoretischer als auch experimenteller Art, die für ein Lehrbuch durchaus entbehrlich wären, ziemlich eingehend behandelt. Dadurch wird aber das Werk gerade als Hand- und

Nachschlagebuch besonders brauchbar, denn die Darstellung ist in vielen Fällen so ausführlich, daß sich ein Nachschlagen der Originalliteratur erübrigt. — Der erste, dem festen Aggregatzustand gewidmete Teil bringt im ersten Kapitel einen Abriss der geometrischen Kristallographie und die Beschreibung der physikalischen Eigenschaften der festen Stoffe. Das zweite Kapitel bringt dann die Anwendung der Thermodynamik und kinetischen Theorie auf den festen Aggregatzustand und den Vergleich der Ergebnisse der klassischen und der Quantentheorie mit der Erfahrung. An geeigneten Stellen sind Nachträge, die sich auf Flüssigkeiten und Gase beziehen, eingefügt. — Der zweite Teil enthält die für die physikalische Chemie besonders wichtige experimentelle, thermodynamische und kinetische Behandlung der verdünnten Lösungen. Die Literatur ist mit großer Vollständigkeit bis Ende 1927 berücksichtigt.

J. Estermann.

Lehrbuch der physikalischen Chemie in elementarer Darstellung. Von Dr. JOHN EGGERT. 2. Auflage gemeinsam bearbeitet mit Dr. LOTHAR HOCK. 552 Seiten, 123 Abbildungen. Leipzig, S. Hirzel. Geb. RM 27,—.

Das Lehrbuch setzt lediglich die Grundbegriffe der Chemie und Physik und im wesentlichen nur die Elementarmathematik voraus. Es ist für Leser bestimmt, die sich in die physikalische Chemie einarbeiten wollen und soll auch denen dienen, denen es an Gelegenheit mangelt, die neuere Entwicklung des Gebietes in der speziellen Fachliteratur zu verfolgen. Der erste Teil führt in die atomistische Betrachtungsweise ein: Klassische Atomtheorie und einfachste Sätze aus dem

Gebiete der Thermodynamik, der kinetischen Theorie und der Quantentheorie. Der zweite Teil behandelt die Lehre von den Stoffen: Betrachtung der Atome, Molekeln, Aggregatzustände (Aggregationen). Der dritte Abschnitt bringt die Lehre von den chemischen Vorgängen: Massenwirkungsgesetz, Thermochemie, Elektrochemie, chemische Kinetik und Photochemie. Die Literaturangaben am Ende des Buches weisen nicht auf die Originalabhandlungen, sondern auf Sammelreferate oder Monographien hin.

Manche Mängel der ersten Auflage sind behoben. Der zweite Hauptsatz ist in das einleitende Kapitel genommen worden. Die Zahl der praktischen Beispiele für thermodynamische Formeln und Sätze wurde vermehrt. Neues ist namentlich über den Bau der Molekeln und die energetischen Beziehungen zu ihrem Spektrum sowie über die Fortschritte der elektrostatischen Theorie der Elektrolyte aufgenommen worden.

Die Darstellung ist zwar hie und da etwas breit, aber methodisch wohl durchdacht, klar und leichtverständlich für jeden, der das mathematische Rüstzeug einer Real-Vollanstalt besitzt. Die Durchrechnung einiger Beispiele ist für den Studierenden von besonderem Wert, weil sie der dargestellten Theorie erst Leben verleiht. Das Buch, das sich unter den Studierenden der Chemie, namentlich unter den Lehramtsstudenten, großer Beliebtheit erfreut, verdient in die chemische Handbücherei der höheren Schulen aufgenommen zu werden; es kann gelegentlich auch einem reiferen Primaner in die Hand gegeben werden, der eher damit fertig werden wird als mit dem abstrakteren und streng wissenschaftlich gehaltenen Nernst.

Dm.

Korrespondenz.

Druckfehlerberichtigungen. In dem Aufsatz von KARL ROTH: Über Vereinfachungen in der Lehre von den elektrischen Schwingungen 43, S. 147 (1930) ist auf S. 147, Zeile 3 von unten hinzuzufügen: (Fig. 1). Weiter muß es (Fig. 2) heißen auf S. 148, Zeile 5 von unten; (Fig. 3) auf S. 150, Zeile 7 von oben; (Fig. 4) auf S. 150, Zeile 20 von oben.

In den Himmelserscheinungen im November und Dezember 1930 auf S. 240 des laufenden Jahrgangs sind folgende Zahlen zu ändern: Die Deklination der Sonne am 17. November ist $18,8^\circ$ anstatt $18,9^\circ$; die Rektaszension der Sonne am 12. Dezember ist $17^h 13^m$ anstatt $17^h 14^m$; die Verfinsterung des ersten Jupitermondes am 29. November tritt ein um $22^h 55,8^m$ anstatt um $22^h 56,8^m$.

Im 40. Jahrgange (1927) hat unsere Zeitschrift auf S. 223 eingehend berichtet über das Werk: **Das Deutsche Museum; Geschichte —**

Aufbau — Ziele; im Auftrage des Vereins Deutscher Ingenieure unter Mitwirkung hervorragender Vertreter der Technik und Naturwissenschaften bearbeitet von CONRAD MATTSCHOSS. V. D. I.-Verlag, G. m. b. H., Berlin SW 19; München 1925, R. Oldenbourg. Von diesem inhaltlich überaus wertvollen und auch prächtig ausgestatteten Buch ist jetzt eine neue Auflage erschienen. Der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht konnte auf ihren Antrag eine größere Stückzahl zugeteilt werden, um das Werk zu einem ermäßigten Preise abzugeben. Im Buchhandel kostet das Stück gebunden RM 20,—. Selbstbezieher oder Schulen, die eine schriftliche Bestellung an die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht senden, Berlin W 35, Potsdamer Straße 120, erhalten bei gleichzeitiger Überweisung des Betrages RM 16,— auf das Postscheckkonto Berlin 43352 das Buch zugestellt. In den Vorzugspreise RM 16,— sind die Kosten für Verpackung und Übersendung durch die Post bereits eingerechnet.

Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1931.

W.Z.: Welt-Zeit = Bürgerliche Zeit Greenwich. 0h W.Z. = Mitternacht bürgerliche Zeit Greenwich.
 Stundenzählung von 0h bis 24h. M.E.Z. = Bürgerliche Zeit Stargard = W.Z. + 1h.

0h W.Z.	Sonne ☉				Merkur ♀		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl. ¹	Sternzeit ²	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1931	h m	°	m s	h m s	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°
Jan. 0	18 37	-23,2	+ 2 37	6 34 47	19 32	-20,8	15 45	-15,7	9 18	+19,7	7 11	+22,6	18 59	-22,4
„ 5	18 59	22,7	4 58	6 54 30	19 10	20,0	15 58	16,2	9 14	20,2	7 8	22,7	19 1	22,3
„ 10	19 21	22,1	7 9	7 14 13	18 42	19,8	16 13	16,8	9 9	20,7	7 5	22,8	19 4	22,3
„ 15	19 43	21,3	9 6	7 33 55	18 27	20,1	16 30	17,5	9 2	21,4	7 2	22,9	19 7	22,2
„ 20	20 4	20,4	10 48	7 53 38	18 28	20,8	16 48	18,2	8 55	22,0	7 0	22,9	19 9	22,2
„ 25	20 26	-19,3	+12 11	8 13 21	18 41	-21,4	17 7	-18,9	8 47	+22,6	6 57	+23,0	19 12	-22,1
„ 30	20 46	18,0	13 14	8 33 4	19 2	21,9	17 28	19,5	8 38	23,1	6 55	23,1	19 14	22,0
Febr. 4	21 7	16,6	13 56	8 52 47	19 27	21,9	17 49	20,0	8 30	23,6	6 52	23,1	19 16	22,0
„ 9	21 27	15,0	14 19	9 12 29	19 55	21,5	18 11	20,3	8 23	24,0	6 50	23,2	19 19	21,9
„ 14	21 47	13,4	14 21	9 32 12	20 25	20,6	18 34	20,4	8 16	24,2	6 49	23,2	19 21	21,8
„ 19	22 6	-11,7	+14 6	9 51 55	20 56	-19,1	18 57	-20,3	8 10	+24,4	6 47	+23,2	19 23	-21,8
„ 24	22 25	9,9	13 32	10 11 38	21 28	17,1	19 20	20,1	8 6	24,5	6 46	23,3	19 25	21,7
März 1	22 44	- 8,0	+12 44	10 31 20	22 0	-14,5	19 44	-19,6	8 3	+24,4	6 46	+23,3	19 27	-21,6

¹ Zeitgleichung = mittlere Zeit - wahre Zeit.

² Die Korrektion der Sternzeit für einen Ort λ° östlich bzw. westlich von Greenwich ist $\mp 0^s.657 \cdot \lambda^\circ$.

Auf- und Untergänge des oberen Randes der Sonne und des Mondes in mittlerer Ortszeit.
 Breite von Berlin (+ 52,5°), Länge von Stargard (15° östlich v. Greenwich).

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1931	h m	h m	h m	h m	1931	h m	h m	h m	h m	1931	h m	h m	h m	h m
Jan. 0	8 11	15 55	12 32	3 35	Jan. 25	7 54	16 32	10 14	23 59	Febr. 19	7 10	17 19	8 4	19 25
„ 5	8 10	16 0	16 45	9 32	„ 30	7 46	16 41	11 54	5 17	„ 24	7 0	17 28	8 55	0 17
„ 10	8 8	16 7	-	11 3	Febr. 4	7 39	16 50	18 57	8 42	März 1	6 49	17 37	13 3	5 54
„ 15	8 4	16 15	5 51	12 36	„ 9	7 30	17 0	0 53	9 48					
„ 20	8 0	16 23	9 21	18 0	„ 14	7 20	17 9	6 38	13 17					

Mondphasen 1931 M.E.Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		18. Jan.	19h 35,6m	27. Jan.	1h 5,5m	4. Jan.	14h 14,9m	11. Jan.
	17. Febr.	14 10,8	25. Febr.	17 41,9	3. Febr.	1 25,9	9. Febr.	17 9,6
					4. März	11 36,1		

Verfinsterungen der Jupitertrabanten in M.E.Z. (E = Eintritt, A = Austritt.)

Trabant I		Trabant II		Trabant III		Trabant IV	
Jan. 7 23h 40,7m A	Febr. 1 18h 23,3m A	Jan. 6 22h 49,7m A	Jan. 2 21h 25,7m E	Febr. 6 20h 3,3m E			
„ 9 18 9,5 A	„ 8 20 18,5 A	„ 24 17 16,5 A	Febr. 7 20 48,6 A	„ 6 23 16,3 A			
„ 16 20 4,4 A	„ 15 22 14,0 A	„ 31 19 51,4 A	„ 14 21 24,3 E				
„ 23 21 59,4 A	„ 23 0 9,4 A	Febr. 7 22 26,3 A	„ 15 0 48,8 A				
„ 30 23 54,5 A	„ 24 18 38,3 A	„ 15 1 1,3 A	„ 22 1 24,0 E				

Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin, Zeitangaben in mittlerer Ortszeit.

1931	Merkur ♀		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Jan. 0	—	—	A 4,5	D _m 7,6	A 18,8	D _m 6,9	D _a 17,1	D _m 7,0	—	—
„ 10	—	—	A 4,5	D _m 7,6	A 17,9	D _m 6,9	D _a 17,3	D _m 7,0	—	—
„ 20	A 6,5	D _m 6,9	A 4,5	D _m 7,5	D _a 17,6	D _m 6,7	D _a 17,5	D _m 6,9	—	—
„ 30	A 6,5	D _m 6,7	A 4,7	D _m 7,2	D _a 17,9	D _m 6,5	D _a 17,8	U 6,6	—	—
Febr. 9	—	—	A 4,8	D _m 7,0	D _a 18,2	D _m 6,3	D _a 18,1	U 5,9	A 6,1	D _m 6,3
„ 19	—	—	A 4,9	D _m 6,7	D _a 18,5	D _m 6,0	D _a 18,4	U 5,2	A 5,5	D _m 6,0
März 1	—	—	A 5,0	D _m 6,3	D _a 18,8	D _m 5,6	D _a 18,7	U 4,5	A 4,9	D _m 5,7

A = Aufgang; U = Untergang; D_a und D_m = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

3. Januar 11h Erde in Sonnennähe. 25. Januar 15h Mars der Erde am nächsten.

Kohl.