

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLIV. Jahrgang.

1931.

Drittes Heft.

Ein Gerät zum Nachweis der Bewegungsgesetze.

Von Theodor Wulf in Valkenburg.

Zum Nachweis der Bewegungsgesetze habe ich mich seit vielen Jahren einer Art Schwebbahn bedient. Nachdem sie in meinem Lehrbuch der Physik (2. Aufl. 1929, S. 28) erwähnt wurde, haben verschiedene Fachgenossen den Wunsch geäußert nach einer näheren Beschreibung dieses Gerätes und seiner Anwendungen. Dem soll im folgenden entsprochen werden, zumal eine Reihe Verbesserungen und Ergänzungen, die im Laufe der Jahre gemacht wurden, nunmehr zum Abschluß gekommen sind.

Wenn es schon immer die Aufgabe des Unterrichts ist, die Gesetze der Natur den Schülern in möglichst klarer und durchsichtiger Form vor Augen zu führen, so gilt das in erhöhtem Maße von den Gesetzen der Bewegung, die ja die Grundlage des ganzen Gebäudes der Physik bilden und ohne deren Verständnis alles andere unverstanden bleiben muß. Nicht selten wird die Fallbewegung zum Ausgangspunkt gewählt, und sie bildet die Erscheinung, an welcher GALILEI mit seiner Fallrinne zuerst diese Gesetze geprüft hat. Noch jetzt wird die Fallrinne nicht selten benutzt zum Nachweis der Fallgesetze. Gewiß kann man die Tatsache der gleichmäßigen Beschleunigung und was damit zusammenhängt, mittels der Fallrinne vorführen. Aber ungleich wichtiger als die Einsicht in die besondere Art der Fallbewegung und die genaue Ermittlung der Fallbeschleunigung ist der Nachweis der allgemeinen Bewegungsgesetze, und dazu ist die Fallrinne ungeeignet aus folgendem Grunde.

Das Wesentliche des Bewegungsgesetzes ist die Abhängigkeit der Beschleunigung einerseits von der antreibenden Kraft und andererseits von der bewegten Masse. Kraft und Masse sind ganz unabhängig voneinander bestimmend für die Beschleunigung. Und es ist eine Hauptaufgabe des einführenden Unterrichts, diese Unabhängigkeit der beiden Einflüsse den Schülern so anschaulich als möglich vor Augen zu führen. Bei der Fallbewegung ist nun gerade die Lage so, daß durch ein neues Naturgesetz, die Schwerkraft, die beschleunigende Kraft mit der Masse immer Hand in Hand geht. Gerade der unabhängige Einfluß beider Bestimmungsstücke ist hier nicht nachzuweisen, weil in diesem besonderen Fall Kraft und Masse in innigster Abhängigkeit voneinander stehen. Da also die Fallbewegung gerade der Eigenschaft entbehrt, die hier an erster Stelle gezeigt werden muß, so ist sie für die erste Einführung ungeeignet. Wegen der gleichzeitigen Einwirkung eines zweiten Naturgesetzes treten die Wirkungen des ersten nicht rein in die Erscheinung. Wenn aber umgekehrt zuerst das allgemeine Bewegungsgesetz behandelt ist, so wird nachher mit der Feststellung der immer gleichen Fallbeschleunigung eine viel tiefere Auffassung der Schwerkraft erzielt werden.

So sind denn auch die Versuche, die Unabhängigkeit der Kraft und der Masse bei der Erzeugung einer Bewegung durch geeignetere Versuchsanordnungen zur Darstellung zu bringen, schon seit längerer Zeit gemacht worden. Die ATWOODSche Fallmaschine ist wohl ein erstes Ergebnis dieser Bestrebungen. Heute wird sie weniger mehr herangezogen. Abgesehen von allen Schwierigkeiten der Behandlung darf man heute höhere Anforderungen an Klarheit und Durchsichtigkeit der Einrichtungen stellen. Daß ein fallendes und ein steigendes Gewicht zusammen die Schwere gerade ausschalten, ist zwar durchaus richtig, aber für die erste Einführung doch ungeeignet;

das Bewegungsgesetz kommt nicht genügend klar und rein von Nebenerscheinungen zur Darstellung.

Viel durchsichtiger ist der neuere Reifenapparat von FRIEDRICH C. G. MÜLLER¹. Der Schüler erfaßt leicht das fallende Gewichtchen als die Ursache der Drehbewegung des Reifens. Man kann unabhängig voneinander die beschleunigende Ursache und den bewegten Reifen ändern und die dadurch hervorgerufene Änderung der Beschleunigung feststellen. Was mich trotzdem bestimmt, dieses neue Gerät hier zu beschreiben, ist folgendes. Der Reifenapparat erzeugt nur drehende Bewegung, während es doch in erster Linie darauf ankommt, die Gesetze für die einfachste geradlinige Fortbewegung vorzuführen. Außerdem ist die Verbindung der Kraft mit der bewegten Masse nicht unmittelbar genug. Der große Reifen hängt an langen feinen Schnüren oder Drähten, die Kraft wirkt an einem kleinen Röllchen am anderen Ende der Schnüre, die Geschwindigkeit der Reifenmasse ist eine ganz andere als die des fallenden Gewichtchens. Daher hat der Schüler nicht die unmittelbare Anschauung, daß der Gewichtszug an der Schnur ohne weiteres für die Beschleunigung des Reifens bestimmend ist. Es sollen damit keineswegs die Vorzüge des Reifenapparates herabgesetzt werden. Sein Hauptvorteil scheint mir in der weitgehenden Ausschaltung der Reibung zu liegen, und darin ist er meinem Gerät wohl überlegen. Aber mir scheint, daß für den einführenden Unterricht die klare, anschauliche Vorführung der Grundgesetze das Wichtigste ist, und darin möchte ich den Vorzug des hier beschriebenen Gerätes erblicken.

Das Gerät.

Die Einrichtung besteht im wesentlichen in einer Schwebbahn. Eine Schiene von 2 m Länge mit L-förmigem Querschnitt (Fig. 1) ist an ihrer oberen Kante sorgfältig gerade und glatt geschliffen. Über diese Schiene läuft auf zwei kleinen Kugellagern der Wagen *W* (in Fig. 2 vergrößert dargestellt). Der äußere bewegliche Teil

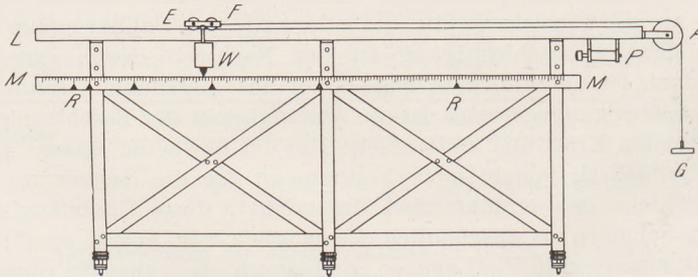


Fig. 1 a.

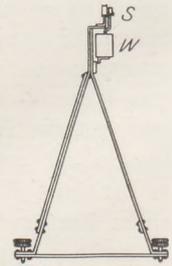


Fig. 1 b.

der Kugellager *BB* hat eine Laufrinne, die zu der Laufschiene paßt, so daß der Wagen mit möglichst geringer Reibung über die Schiene hinwegfahren kann. Mit dem inneren feststehenden Ring *C* sind die Kugellager an eine kleine Eisenplatte *E* angeschraubt. Von dieser Platte geht eine Eisenstange *S* abwärts; sie ist so gebogen, daß ihr unterer Teil gerade unter der Laufrinne liegt. Über diese Stange können zylindrische Gewichte *W*, axial durchbohrt, geschoben und mit einer Schraubmutter *T* befestigt werden.

Zum Bewegen des Wagens dient ein feiner Zwirnfaden *F*, der über eine fein gearbeitete Aluminiumscheibe *A* mit Nute läuft und durch ein angehängtes Gewichtchen *G* an dem Wagen zieht. Um eine hinreichende Fallhöhe für das Gewichtchen zu haben, ist die Laufschiene durch ein Gestell von Stangeneisen mit 3×2 Füßen etwa 80 cm hoch gehoben. Wenn man dieses Gestell auf den Tisch stellt, ist es für die Schüler gut sichtbar, und man hat eine nutzbare Lauflänge von etwa 150 cm. Der jeweilige Ort

¹ MÜLLER, F. C. G.: Diese Zeitschr. 8, S. 194 (1895); 13, S. 71 (1901); 31, S. 120 (1918); 38, S. 72 (1925); vgl. auch K. WILDERMUTH: 36, S. 7 (1923); 38, S. 68 (1925).

des Wagens ist an einer Skala MM von 150 cm deutlich abzulesen, und eine Reihe leicht verschiebbarer Reitermarken RR heben einzelne Stellen der Skala deutlich hervor. Am Ende der Schiene ist zum weichen Abfangen des Wagens noch eine Art Prellbock P angebracht. Eine Stange mit Gummiblock und Feder bewegt sich in einem einfachen Lager.

Um die Wirkung der Schwere auf den Wagen ganz auszuschalten, muß die Laufschiene sorgfältig wagerecht gelagert sein. Dazu sind die Füße mit Stellschrauben versehen. Zum Auffinden der richtigen Lage kann der Wagen selber dienen, da er schon bei einer schwachen Neigung sich von selbst in Bewegung setzt. Als Störung bleibt dann noch die kleine Reibung bestehen, die auch durch die Kugellager nicht vollkommen beseitigt ist. Man kann sie aber auch noch stark herabdrücken, indem man der Schiene eine kleine Neigung in der Richtung der Bewegung gibt. Die Reibung gilt als ausgeschaltet, wenn der Wagen, sorgfältig angehalten, sich nirgends von selber in Bewegung setzt, ganz leise angestoßen aber ohne merkliche Beschleunigung oder Verzögerung bis an das Ende der Schiene weiterläuft. Man kann die Reibung auch noch in anderer Weise ausschalten, indem man nämlich zu dem beschleunigenden Gewichtchen G ein kleines Übergewichtchen hinzufügt, ein ausprobiertes Drahtstückchen, das ebenfalls den ruhenden Wagen noch nicht in Bewegung setzt, den einmal bewegten Wagen aber mit unveränderter Geschwindigkeit bis ans Ende der Schiene laufen läßt. Diese Art, die Reibung auszuschalten, hat noch den Vorteil, daß sie einmal auch noch die (allerdings sehr kleine) Reibung der Aluminiumscheibe mit ausschaltet und andererseits, da die Reibung für verschieden schwere Wagen doch nicht die gleiche ist, kann man sich die zu den verschiedenen Wagen gehörigen Übergewichte ein für allemal herrichten.

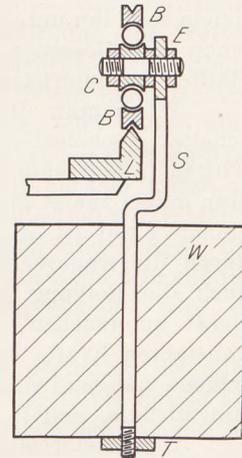


Fig. 2.

Leider ist die Reibung auch mit der Geschwindigkeit veränderlich, weshalb beide Verfahren nur für eine bestimmte Geschwindigkeit die Reibung vollständig ausschalten. Und wenn auch keine sehr großen Geschwindigkeiten benutzt werden, so ist doch auch hier für die Versuche, die sehr stark von der Reibung abhängen, die Grenze der Genauigkeit in der Reibung gelegen.

Im ganzen hat das Gerät viel Ähnlichkeit mit dem HÖFLER'schen Schienenapparat¹. Es unterscheidet sich aber von ihm hauptsächlich dadurch, daß es nur eine Schiene benötigt. Das besagt nicht nur die Hälfte der Arbeit und der Kosten für die Schienen, sondern es fällt auch die Notwendigkeit, die beiden Schienen in Abstand und Höhe auf der ganzen Strecke sorgfältig zueinander passend zu machen, ganz fort. Ähnlich ist es mit dem Wagen. Statt der vier Räder mit zwei Achsen habe ich nur zwei Räder und keine Achsen. Wenn die Räder an ein gerades Stück Eisen mit einer Schraube befestigt sind, so sitzen sie richtig. Daß die schwere Masse unter dem Stützpunkt gelegen ist, das Gleichgewicht also ein stabiles ist, daß die Wagenplatte ganz entfällt, scheinen mir weitere Vorzüge der Schwebebahn zu sein.

Wenn man dem Gerät eine kleine Neigung gibt, so ist es sofort in eine schiefe Ebene verwandelt, und dann können alle Versuche mit ihm angestellt werden, zu denen sonst die Fallrinne dient. Man hat dabei noch den großen Vorteil, daß die schwere Masse keine Drehbewegung ausführt, wie es bei der herabrollenden Kugel immer der Fall ist.

Im folgenden seien nur die Versuche besonders beschrieben, welche die eigentlichen Gesetze der Bewegung zur Darstellung bringen.

¹ HÖFLER, A.: Diese Zeitschr. 7, S. 276 f. (1894).

Das Grundgesetz der Bewegung:
Kraft gleich Masse mal Beschleunigung.

1. Eine konstante Kraft erzeugt eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung. Als konstante Kraft verwenden wir die Schwere einer kleinen Masse, wie es auch in allen ähnlichen Geräten geschieht. Will man den Schülern zeigen, daß die Schwere eines fallenden Gewichtchens innerhalb der Fallstrecke von 150 cm von der Höhe unabhängig ist, so kann das in der Weise geschehen, daß man über die leichte Aluminiumscheibe an einem Faden von etwa 200 cm Länge zwei Gewichte hängt und dieselben so abgleicht, daß sie sich das Gleichgewicht halten, wenn sie nahe beieinander hängen. Hebt man das eine Gewicht beliebig höher, so bleibt das Gleichgewicht bestehen. Bei ganz empfindlichen Schnurscheiben könnte die veränderte Fadenlänge an den beiden Seiten kleine Störungen verursachen; man kann das ausschalten, indem man den Faden beiderseits bis auf den Boden herabfallen läßt, oder indem man ihn unten U-förmig von einem Gewicht zum anderen gehen läßt und dadurch einen geschlossenen Faden erzeugt, von dem in jeder Lage zu beiden Seiten die Hälften herunterhängen.

Wenn man die Fahrschiene so weit ausgerichtet hat, daß die Reibung ausgeschaltet erscheint, so läßt man zuerst ein beliebiges kleines Gewicht auf den Wagen wirken (zweckmäßig ist ein Wagen von 2 bis 3 kg und ein Gewicht von 20 bis 50 g). Man macht zuerst die Schüler darauf aufmerksam, wie das hängende Gewichtchen die einzige Kraft ist, die den Wagen in Bewegung setzt. Die Schwerkraft ist ausgeschaltet durch die wagerechte Lage der Schiene, jedoch so, daß durch eine kleine Neigung auch die Reibung überwunden wird. Wir können also mit dem so vorbereiteten Gerät untersuchen, wie sich eine Masse bewegt unter dem alleinigen Einfluß einer konstanten Kraft. Die Schüler können nun sehr deutlich unterscheiden an der Laufschiene hängend das zu Bewegende, an der Schnur am anderen Ende der Schiene das Antreibende, und in der gespannten Schnur sehen sie, wie die Kraft den Wagen erfährt.

Dann setzt man einen Zeitmesser (Metronom) in Gang, der laut die Sekunden schlägt (oder kleinere Zeitabschnitte; kleinere als $\frac{1}{2}$ Sekunde sind jedoch nicht zweckmäßig). Man hält zuerst den Wagen mit aufgelegter Hand an dem Anfang der Laufschiene fest und läßt möglichst genau mit einem Sekundenschlag des Zeitmessers los. Die Schüler sehen sogleich, daß die Bewegung immer schneller wird, also eine beschleunigte ist.

Um das Gesetz der Beschleunigung zu zeigen, kann man in folgender Weise verfahren. Es sei hier vorausgesetzt, daß die Versuche zunächst nicht als Schülerübung, sondern als Demonstration vorgeführt werden. Um dabei nicht zu viel Zeit zu verlieren, habe man schon bei der Vorbereitung der Versuche ausprobiert, welche Belastung bei einem bestimmten Wagen die zweckmäßigste ist, die in 5 bis 6 Sekunden die ganze Fahrschiene ablaufen läßt. Es sei gefunden, daß bei einem Gewichtchen von 30 g ein Wagen die ganze Strecke von 150 cm in 5 Sekunden durchläuft. Daraus kann der Lehrer gleich schließen, daß die Beschleunigung 12 cm/sec^2 beträgt, also der Weg bei den aufeinanderfolgenden Sekundenschlägen $1 \cdot 6$, $4 \cdot 6$, $9 \cdot 6$, $16 \cdot 6$, $25 \cdot 6$ oder 6 , 24 , 54 , 96 , 150 cm betragen muß. Wenn man nun möglichst wenig Zeit auf die Versuche verwenden kann, so stellt man auf diese Stellen der Skala Reitermarken ein. Während der Vorführung läßt man dann nur die Schüler feststellen, daß die Marken richtig stehen, das heißt, wenn auf einen Schlag des Zeitmessers der Wagen losgelassen wurde, so geht er wirklich bei den folgenden Zeitschlägen an den eingestellten Marken vorbei. Man kann in kürzester Zeit den Versuch mehrmals wiederholen. Bei den einzelnen Versuchen ist das Vorbeifahren an den Marken mit kleinen Störungen und Beobachtungsfehlern verbunden. Wenn aber der Wagen einmal etwas zu spät an einer Marke eintrifft, so zeigt die Wiederholung des Versuches, daß diese Verspätung zufälliger Natur war, daß sie in den letzten kleinen Bewegungshemmungen an den Kugellagern, in der unvollständigen

Glätte der Laufschiene ihre Ursache hatte und bei der Wiederholung des Versuches ausblieb. Schließlich müssen die Schüler zu der Überzeugung kommen, daß die aufgesteckten Marken wirklich die erzeugte Bewegung darstellen. Ist diese Überzeugung gewonnen, so ist der Versuch als solcher beendet; man geht daran, die Wege zu messen und findet natürlich die oben angegebenen Zahlen, aus denen man dann in der üblichen Weise zeigt, daß die Bewegung eine gleichmäßig beschleunigte war.

Will man noch weiter gehen und zeigen, daß dieses Ergebnis, die gleichmäßig beschleunigte Bewegung, nicht zufälliger Natur war, daß sie nicht zufällig gerade nur für diesen Wagen und dieses Gewichtchen gilt, so müßte man eben den Versuch mit anderen Wagen und Gewichten wiederholen.

2. Die durch verschiedene Kräfte an demselben Wagen erzeugten Beschleunigungen verhalten sich wie die Kräfte. Nachdem schon gezeigt ist, daß durch unveränderte Kräfte immer gleichmäßig beschleunigte Bewegungen erzeugt werden, die sich durch die Formel $l = \frac{1}{2} A t^2$ darstellen lassen, genügt es jetzt zur Ermittlung des Wertes der Beschleunigung, die in einer beliebigen Zeit zurückgelegte Strecke zu ermitteln. Das kann grundsätzlich in doppelter Weise geschehen, entweder indem man die Zeit festlegt und die Strecke mißt, die in dieser Zeit zurückgelegt wurde, oder indem man die Wegstrecke von vornherein absteckt und die Zeit mißt, in welcher sie zurückgelegt wurde. Da man längere Strecken und Zeiten genauer messen kann als sehr kurze, so wird man im allgemeinen die Länge der Laufschiene möglichst vollständig ausnutzen.

Man habe gefunden, daß bei einem bestimmten Gewichtchen und Wagen die ganze Laufschiene in 6 bis 7 Sekunden durchlaufen wird. Man wählt dann 6 Sekunden als Beobachtungszeit und untersucht, welcher Weg in 6 Sekunden gemacht wird, er wird etwas kleiner sein als 150 cm.

Das Beobachtungsverfahren, bekannt als das Auge- und Ohrverfahren, ist auch eine ausgezeichnete Übung im Experimentieren für größere Schüler. Man horcht auf die Sekundenschläge des Zeitmessers, läßt genau auf einen Schlag den Wagen los und zählt, mit Null beginnend, die Zeitschläge laut mit, indem man zugleich an das andere Ende der Schwebebahn tritt, um dort zu beobachten, welches Zentimeter der Skala gerade bei dem Schlag 6 erreicht wird. Wenn man schon den ungefähren Punkt kennt, und ihn vielleicht durch eine Reitermarke hervorhebt, wird bei den Wiederholungen die Ablesung bedeutend schärfer. Dann nimmt man aus mehreren Ergebnissen das Mittel. Man finde dieses Mittel zu 144 cm. Daraus ergibt sich sogleich $144 = \frac{1}{2} A 6^2$ oder $A = 8 \text{ cm/sec}^2$.

Tabelle I.

Bewegte Masse 3721 g.

Gesamtweg 140 cm.

m die Masse des beschleunigenden Gewichtchens.

t = die Zeit für den Weg 140 cm.

A die daraus errechnete Beschleunigung nach der Formel $l = \frac{1}{2} A t^2$.

mg	$t \text{ sec}$	$A = 2l/t^2$
10	9,89	2,86 = 1 · 2,86
20	7,10	5,54 = 2 · 2,77
30	5,82	8,28 = 3 · 2,76
40	4,97	10,64 = 4 · 2,66
50	4,57	13,40 = 5 · 2,68
60	4,16	16,20 = 6 · 2,70

Bei der anderen Versuchsweise mit einer festgelegten Wegstrecke nimmt man natürlich die ganze Länge der Laufschiene und bestimmt mit der Stoppuhr die Zeit, die vergeht vom Loslassen des Wagens bis zum Anstoßen an den Prellbock. Die Schwierigkeit bei dieser Versuchsweise liegt darin, daß man möglichst genau in demselben Augenblick mit der einen Hand den Wagen loslassen muß, in welchem man

mit der anderen Hand die Stoppuhr auslöst. An der Übereinstimmung der verschiedenen Versuche kann man sich selber überzeugen, wie weit man die Handgriffe genau fertig bringt. Zwei Versuchsreihen seien beispielsweise mitgeteilt in den Tabellen 1 und 2. Als treibende Gewichtchen wurden 10, 20 . . 60 g gewählt. Jeder Versuch wurde 10mal wiederholt. Da die Stoppuhr nur $\frac{1}{5}$ Sekunden anzeigt, so sind die mitgeteilten Hundertstel der Sekunden durch Mittelnehmen erhalten.

Die Zahlen der letzten Reihe (Tabelle 1) zeigen, wie weit die erwartete Proportionalität erreicht wurde. Wenn die Versuche und die Beobachtungen fehlerlos wären, müßten die Zahlen der letzten Reihe alle gleich sein.

In derselben Weise wurde mit einem anderen Wagen verfahren. Die Zeichen haben alle dieselbe Bedeutung, wie in der ersten Tabelle.

Tabelle 2.
Bewegte Masse 2838 Gramm.

m g	t sec	$A = 2l/t^2$
10	8,80	3,61 = 1 · 3,61
20	6,35	6,95 = 2 · 3,475
30	5,22	10,25 = 3 · 3,480
40	4,50	13,80 = 4 · 3,450
50	3,97	17,80 = 5 · 3,56
60	3,64	21,00 = 6 · 3,50

Da bei denselben Wegen die Beschleunigungen sich umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Zeiten, so entsprechen den Zeiten $t_1:t_2 = 1:2$ Beschleunigungen $A_2:A_1 = 1:4$, und wenn die Beschleunigungen den Kräften proportional sein sollen, so müssen die zu den Kräften 10 und 40 g gehörigen Zeiten sich verhalten wie 2:1. Es findet sich in Tabelle 1 $t_{10} = 9,89 = 2 \cdot 4,95$ und $t_{40} = 4,97$.

In Tabelle 2 war $t_{10} = 8,80 = 2 \cdot 4,40$ neben $t_{40} = 4,50$. Um schnell diese Beziehung zwischen Kraft und Beschleunigung nachzuweisen, wird man daher Kräfte einwirken lassen im Verhältnis 1:4. Dann müssen die Zeiten für dieselbe Wegstrecke sich verhalten wie 2:1.

3. Bei verschiedenen Massen verhalten sich die Beschleunigungen durch dieselbe Kraft umgekehrt wie die bewegten Massen. Die Versuche werden in derselben Weise durchgeführt, nur daß jetzt nicht die Kräfte, sondern die bewegten Massen des Wagens geändert werden. Das geschieht, indem ein anderer Zylinder auf die Stange des Wagens aufgesteckt und durch die Mutter unten befestigt wird. Nach den eben mitgeteilten Tabellen brauchen wir gar keine neuen Beobachtungen zu machen, da die in Tabelle 1 mitgeteilten Beschleunigungen an einem Wagen von 3721, die in Tabelle 2 an einem solchen von 2838 g erhalten wurden. Das Verhältnis der Massen ist daher $3821:2838 = 1,311$. Wenn man die erhaltenen Beschleunigungen für diese beiden Wagen bei derselben Kraft miteinander vergleicht, so müßten sich dieselben Verhältnisse in den Beschleunigungen zeigen. Tabelle 3 enthält die Verhältnisse für die Beschleunigungen $A':A$ für die verschiedenen Kräfte.

Tabelle 3.

m	10	20	30	40	50	60	Mittel
$A':A$	1,26	1,25	1,24	1,30	1,33	1,304	1,280

Wie man sieht, stimmen bei allen Beobachtungen die mit sehr kleinen Kräften erhaltenen Beschleunigungen weniger mit der Berechnung überein. Das kommt daher, daß bei so schwachen Kräften die Reibungen und Hemmungen eine viel größere

Verzögerung der ganzen Bewegung bewirken, als wenn größere Kräfte vorhanden sind, welche die kleinen Hemmungen vollkommen überwinden.

Mit diesen Ergebnissen ist das Grundgesetz der Bewegung in seinen wesentlichen Bestandteilen den Schülern vorgeführt. Es läßt sich alles zusammenfassen in der kurzen Formel $F = CMA$, wo F die beschleunigende Kraft, M die bewegte Masse und A die erhaltene Beschleunigung bedeutet. C ist ein Proportionalitätsfaktor. Bei geeigneter Wahl der Krafteinheit wird $C = 1$ und das Bewegungsgesetz $F = MA$.

Der freie Fall.

1. Den Übergang zum freien Fall kann man aus dem Bisherigen in folgender Weise gewinnen. Aus dem Mitgeteilten ergibt sich, daß jede Masse zur Beschleunigung eine Kraft verlangt. Wenn das richtig ist, so haben wir bisher bei den Versuchen etwas übersehen. Durch die Schwere des angehängten Gewichtchens mußte nicht nur der Wagen, sondern auch das Gewichtchen selber beschleunigt werden. Eine Folge davon war: wenn wir das Gewichtchen änderten von 10 auf 20 . . ., so wurde nicht nur die beschleunigende Kraft, es wurde auch die Masse geändert. Zwar bei kleinen Gewichtchen und schweren Wagen war der Fehler kaum merklich und trat gegen die anderen Fehler, die von der Reibung und dem Mangel an vollkommener Glätte der Laufschiene herkamen, zurück. Wenn aber schließlich das hängende Gewichtchen nicht mehr klein sein sollte gegen den ganzen Wagen, so würde sich der Fehler bemerklich gemacht haben. Wir könnten diesen Fehler streng vermeiden, wenn wir etwas anders vorgingen. Wir brauchten nur das, was wir an Gewicht der Schnur hinzufügten, der Masse des Wagens zu entnehmen, dann nähme die beschleunigende Kraft zu, während die beschleunigte Gesamtmasse unverändert dieselbe blieb. Die Beschleunigung würde sich auch grundsätzlich genau mit der Kraft im gleichen Verhältnis vermehren. Aber dann würde der Wagen jedesmal um dasselbe Gewicht leichter, und man könnte jetzt den Versuch nicht mehr beliebig weit ausdehnen, denn immer mehr und mehr würde der ganze Wagen hinüberwandern an die hängende Schnur. Also angenommen, mit 30 g an einem Wagen von 3721 g habe man nach Tabelle 1 die Beschleunigung gefunden 8,28 cm/sec². Nimmt man 30 g vom Wagen fort und hängt sie an die Schnur G (Fig. 1), so wird die Beschleunigung doppelt so groß. Noch einmal 30 g an die Schnur gebracht, verdreifacht die Beschleunigung. . . . Wie lange kann das weitergehen? Bis die Masse des ganzen Wagens hinübergewandert ist an die Schnur. Das geht also $3721 : 30 = 124$ mal. Und das Ergebnis? Die Beschleunigung wird $124 + 1 = 125$ mal so groß geworden sein. Und worin besteht jetzt der ganze Versuch? Darin, daß dieses Gewicht von keinem Wagen mehr gehemmt frei herabfällt. Es muß also die Fallbeschleunigung herauskommen. Wir erhalten $8,28 \cdot 125 = 1035$ cm/sec². Die Abweichung von der anderweitig genau festgestellten Fallbeschleunigung beträgt etwa 5%. Eine wesentlich genauere Bestimmung der Fallgeschwindigkeit ist mit dem Gerät nicht zu erzielen, oder wenn sie erhalten würde, wäre es ein glücklicher Zufall. Die Werte liegen manchmal höher als die wahren und manchmal tiefer, das hängt vor allem von der Genauigkeit ab, mit welcher die Reibungseinflüsse ausgeschaltet wurden.

Wenn die Vorbildung der Schüler es gestattet, kann man dasselbe Ergebnis natürlich auch in der üblichen Weise erhalten. Die beschleunigende Kraft war bei den Versuchen $F = mg$. Die beschleunigte Masse war $M + m$, daher galt für die erhaltene Beschleunigung A die Gleichung $mg = A(M + m)$, daher wieder $g = A(M/m + 1)$.

2. Vielleicht wird mancher Lehrer doch — etwa bei Erwähnung der geschichtlichen Entwicklung unserer Bewegungslehre — gern die Versuche mit der Fallrinne wiederholen, an denen einst GALILEI zuerst die Fallgesetze seinen Zeitgenossen vorgeführt hat. Die Fallrinne bezweckte, die sonst zu große Fallbeschleunigung so weit zu vermindern, daß eine bequeme Beobachtung möglich war. Die Zeit des Herabrollens der Kugel über eine mäßige Strecke wurde so groß, daß die inzwischen aus

einer kleinen Öffnung ausströmende Wassermenge sich mit den damaligen Mitteln bestimmen ließ. Die Einrichtung konnte aber keine genauen Werte geben, weil beim Herabrollen ein beträchtlicher Teil der Energie in Drehbewegung der Kugel verwandelt wurde. Wie schon erwähnt, kann man die Schwebebahn sehr leicht in eine schiefe Ebene verwandeln und dann mit ihr alle Versuche anstellen, die sonst mit der Fallrinne gemacht werden. Da aber nur die kleine Masse des äußeren Kranzes der Kugellager sich dreht, während die Hauptmasse ohne Drehung hinabfährt, so erhält man hier viel genauere Ergebnisse als mit einer rollenden Kugel. Bei dem größten verwendeten Wagen von 3621 g betrug die vorzunehmende Verbesserung des Ergebnisses wegen dieses Einflusses noch nicht 1,5⁰/₀.

Die Versuche werden in folgender Weise ausgeführt. Zuerst wird wieder das ganze Gerät mit einer so kleinen Neigung aufgestellt, daß die Reibung ausgeschaltet ist. Das muß sehr sorgfältig geschehen, da die Genauigkeit der Versuche sehr von dieser Einstellung abhängt. Wie kürzlich KRÜSE gezeigt hat¹, kann man nun diese Richtung als Grundebene betrachten und von hier aus die Erhebung rechnen, die für die Beschleunigung maßgebend ist. Diese wirksame Erhebung zugleich mit ihren genauen Maßen verschafft man sich, indem man von den drei Paar Füßen des Gerätes die am Prellbock unverändert läßt, die in der Mitte um eine kleine Strecke a erhöht, die am andern Ende um $2a$. Das kann in der Weise geschehen, daß man sich 6 Metallscheiben gleicher Dicke verschafft. Unter die beiden Mittelfüße kommt je eine Platte, unter die beiden anderen je zwei. Die Scheiben können vorher am besten alle zusammen mit der Schublehre ausgemessen werden. Zweckmäßig für die Berechnung ist es, wenn die Erhebung $1/100$ wird, dann wird die Beschleunigung ebenfalls hundertmal verkleinert, und die ganze Fallzeit für 150 cm beträgt dann etwa 5,5 sec. Bei meinen Versuchen erhielt ich mit dem großen Wagen $g = 925$, ohne Berücksichtigung des Massenwertes der Kugellager; mit Berechnung derselben verbesserte sich der Wert auf 938 cm/sec².

Den Nachweis, daß diese Bewegung eine gleichmäßig beschleunigte ist, kann man ganz in derselben Weise führen, wie es gleich zu Anfang geschah. Auch wird es sehr lehrreich sein für die Schüler festzustellen, daß in dieser Anordnung alle Körper gleich schnell fallen, ungleich schwere Massen allerdings nur insoweit, als man den Einfluß der Kugellagerdrehung vernachlässigen kann.

Die Wirkung und Gegenwirkung.

Das Gesetz der Wirkung und Gegenwirkung besagt in der Anwendung auf unseren Fall, daß der beschleunigte Körper bei seiner Beschleunigung eine Gegenwirkung ausübt gegen die Kraft, die an Größe der Wirkung gleich ist. Man kann das an dem Gerät wenigstens qualitativ zeigen.

Schon bei den ersten Versuchen kam die Gegenwirkung zum Ausdruck, als die Schnur bei der Beschleunigung gespannt wurde. Denn eine Schnur ist nur dann gespannt, wenn an den beiden Enden in entgegengesetzter Richtung gezogen wird.

Je schneller man den Wagen beschleunigen will, desto stärker muß man an der Schnur ziehen, und desto stärker hält der Wagen zurück. Und wenn der Zug zu stark wird, so reißt die Schnur. Eine Schnur reißt aber nur dann, wenn an den beiden Enden in entgegengesetzter Richtung mit entsprechender Stärke gezogen wird. Faßt man das eine Ende der Schnur mit der Hand und sucht den Wagen ganz plötzlich in Bewegung zu setzen, so reißt die Schnur wirklich (Versuch).

Will man auch die Größe der Gegenwirkung nachweisen, so kann man einen kleinen Kraftmesser einschalten, eine elastische Spiralfeder, die dann um so mehr gedehnt wird, je größer die Beschleunigung des Wagens ist. Eine solche Feder wird aber nur dann gedehnt, wenn an den beiden Enden in entgegengesetzter Richtung gezogen wird.

¹ KRÜSE, K.: Diese Zeitschr. 42, S. 203 (1929).

Die Gegenwirkung findet nicht nur statt, wenn der Wagen beschleunigt, sondern auch, wenn der bereits bewegte Wagen verzögert werden soll. Wenn man den bewegten Wagen plötzlich durch eine Schnur mit zwischengeschaltetem Kraftmesser einhalten will, so wird die Feder stark gedehnt, ein Beweis, daß der Wagen mit großer Kraft voranzieht, daß er jetzt gerade so gegen die Verzögerung einwirkt, wie vorher gegen die Beschleunigung. Und wenn man den Wagen mit einem Ruck anhalten will, so reißt der Faden auch jetzt. Also Wirkung und Gegenwirkung sowohl bei der Beschleunigung wie bei der Verzögerung. Man hat sich deshalb gezwungen gesehen, das Bewegungsgesetz so auszusprechen, daß zu jeder Änderung der Geschwindigkeit eine Kraft erforderlich ist, gleichviel ob die Beschleunigung in Richtung der schon vorhandenen Bewegung einwirkt oder in der entgegengesetzten Richtung. Man bezeichnet einfach die Verzögerung als eine negative Beschleunigung.

Die Schwingungsbewegung.

Eine der wichtigsten Bewegungsformen ist die geradlinige Schwingungsbewegung. Sie tritt auf, wenn eine Masse unter der Einwirkung einer Kraft steht, die im gleichen Verhältnis mit der Entfernung aus einer Ruhelage größer wird. Eine Hauptschwierigkeit bei der Herstellung einer reinen Schwingungsbewegung, das heißt einer Bewegung, welche ganz ausschließlich unter der Einwirkung dieser einen Kraft steht, ist die

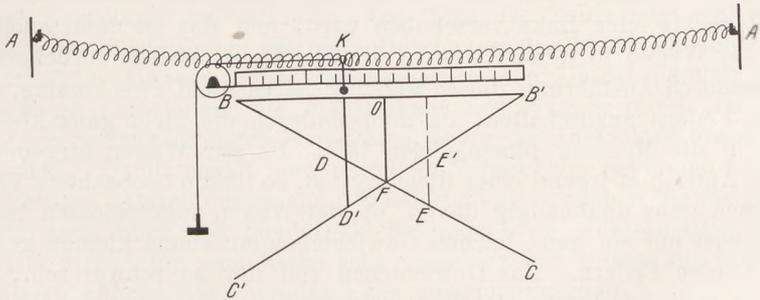


Fig. 3.

Schwere der Körper. Zwar ist es eine vollkommene Schwingungsbewegung, die sich einstellt, wenn man an der Atwoodschen Fallmaschine die beiden Gewichte durch eine U-förmig herabhängende Kette verbindet. Aber für den ersten Unterricht scheint auch hier eine einfachere und durchsichtigere Vorrichtung wünschenswert. Auch die einfache Spiralfeder mit angehängtem Gewicht macht gewiß eine richtige Schwingungsbewegung, hier handelt es sich um das Zusammenwirken der veränderlichen elastischen Kraft mit der unveränderlichen Schwerkraft. Es ist gewiß richtig, daß immer eine zur Ruhelage hingerrichtete Kraft übrig bleibt, die mit der Entfernung zunimmt. Aber für den ersten einführenden Unterricht ist doch eine durchsichtigere Anordnung wünschenswert. Mit unserer Schwebbahn kann man eine Schwingungsbewegung darstellen, bei welcher vor allem die Schwere gänzlich ausgeschaltet ist, indem man als bewegte Masse den eben beschriebenen Wagen benützt, der auf der wagerechten Bahn überall in Ruhe stehen bleiben würde. Eine Kraft, die eine bestimmte Lage als Ruhelage auszeichnet und dann immer zu dieser Ruhelage hin den Wagen beschleunigt, der Entfernung verhältnismäßig, verschafft man sich leicht mit Hilfe von zwei langen elastischen Spiralfedern (Fig. 3), die in geeigneter Entfernung rechts und links von der Laufschiene mit dem einen Ende an einem festen Haken AA' der Wand od. dgl. befestigt sind. (Wenn keine Wand in der Nähe ist, kann man eine Schnur von beliebiger Länge zwischenschalten.) Die Federn müssen im ungedehnten Zustand wenigstens ein Meter lang sein und mit dem anderen Ende bis nahe an die Enden der Schiene herankommen. Beispielsweise seien A und A' die Befestigungspunkte der Federn, die ohne Dehnung bis B und B' reichen. Werden diese Federn nach

rechts und links ausgezogen, so stellen sich die elastischen Kräfte ein, die sie zurückführen wollen. Beide Federn sollen sich wenigstens um 150 cm ausdehnen lassen, bevor die Grenze der Elastizität überschritten ist. Die dabei ins Spiel tretenden Kräfte macht man sich am besten an Hand einer kleinen Zeichnung (Fig. 3) klar. Trägt man senkrecht zu der Richtung BB' nach unten die Zugkräfte auf, so erhält man die Linien BC bzw. $B'C'$, welche die zu jeder Verlängerung gehörigen Zugkräfte darstellen.

Wenn man dann die freien Enden der Federn fest miteinander verbindet in dem Knoten K , so wird dieser Knoten K , sich selber überlassen, nach O wandern; das ist die Gleichgewichtslage, in welcher die Federn nach beiden Richtungen hin mit der gleichen Kraft OF zurückziehen. Wenn man aber den Knoten von dort entfernt, etwa nach links, so überwiegt die nach rechts gerichtete Kraft der Feder $A'B'$, und die Größe des Überschusses ist dargestellt durch die Strecke DD' ; man sieht leicht, daß sie zunimmt im gleichen Verhältnis mit der Entfernung aus der Ruhelage. Ebenso ersieht man aus den sich deckenden Dreiecken $DD'F$ und $E'EF$, daß die Kräfte rechts und links gleich weit von der Ruhelage einander gleich sind. Man kann sich auch leicht durch einen Versuch davon überzeugen, der zugleich eine Messung der Kräfte gestattet. Man befestigt an dem Knoten K (Fig. 3) einen Faden, den man über die Aluminiumscheibe führt und am Ende mit einem Gewicht beschwert. Man kann dann sofort ablesen, wie weit der Knoten durch ein bekanntes angehängtes Gewicht nach rechts oder links verschoben wird, und das ist dann auch die Kraft, mit welcher der Wagen in dieser Lage in die Gleichgewichtslage zurückgezogen wird.

Zur genaueren Ausführung dieser Messung ist es nicht zweckmäßig, den Wagen schon an die Federn anzuschalten, da man dadurch die nicht ganz kleine Reibung des Wagens in die Messung hineinspielen läßt. Da der Wagen nirgendwo auf der Schiene einen Antrieb in irgend einer Richtung hat, so ist die beobachtete Verlängerung der Federn auch ganz unabhängig davon, ob der Wagen angeschlossen ist oder nicht. Man hängt besser nur ein ganz leichtes Gewichtchen mit einem kleinen geraden Draht an die verknoteten Federn. Das Gewichtchen soll nur so schwer sein, daß es die Federn ebenso weit herabzieht als sie herabgezogen sind, wenn sie den Wagen mit sich führen. Der kurze herabhängende Draht spielt dann ganz ohne Reibung vor einer Millimeterskala (Fig. 3) und dient zur schärferen Ablesung der Stellung des Knotens. Die Messungen ergaben folgendes.

Tabelle 4.

Die erste Reihe gibt die angehängten Gewichtchen, je um 50 g steigend. Die zweite Reihe enthält die zugehörigen Einstellungen des Knotens K der beiden Federn.

Daraus ergibt sich als dritte Reihe die Verschiebung des Knotens für je 50 g Gewichtszunahme.

g	0	50	100	150	200	250	300	350	Mittel für 50 g 83,5 mm
mm	0	83	166	250	331	413	497	582	
Δ mm	0	83	83	84	81	82	84	85	

Wie man sieht, ist die Verlängerung dem spannenden Gewichtchen gut verhältnisgleich.

Bei der Anwendung kommt es auf die Kraft an, mit welcher der Wagen in der Entfernung 1 cm zurückgezogen wird. Sie rechnet sich aus der Beobachtung zu

$$F_1 = \frac{50 \cdot 981}{8,35} = 5874 \text{ Dyn.}$$

Die einfache Formel der Schwingungsdauer heißt $T = 2\pi\sqrt{a/A}$, wo A die Beschleunigung bedeutet bei der Entfernung a aus der Ruhelage. Aus der Kraft F_1 in der Entfernung 1 aus der Ruhelage ergibt sich die Kraft in der Entfernung a

zu $F_1 a$. Und die Beschleunigung zu $F_1 a/M$, wodurch die Formel für die Schwingungsdauer übergeht in

$$T = 2\pi\sqrt{M/F_1}.$$

Die Massen M bestehen in der Hauptsache aus den Massen des Wagens. Da aber diese Versuche einen hohen Grad von Genauigkeit ergeben, wird man auch die Zusatzmassen nicht vernachlässigen dürfen. Das sind vor allem die Massen der bewegten Federn, die aber nur an den Enden die ganze Bewegung mitmachen. Wie die genauere Rechnung gezeigt hat, sind sie mit einem Drittel ihrer Masse in Anrechnung zu bringen. Das Gewicht der beiden Federn zusammen betrug 140 g, davon $\frac{1}{3}$ macht 47. Außerdem ist auch zu berücksichtigen, daß in den Kugellagern wenigstens ein Teil eine Drehbewegung ausführt. Der Massenwert dieser kreisenden Teile wurde zu 49,5 g ermittelt. Zur Vereinfachung der Rechnung berechnet man ein für allemal den Ausdruck $2\pi/\sqrt{F_1} = 0,082$; dann ist, solange mit diesen Federn gearbeitet wird, $T = 0,082\sqrt{M}$. Man kann also T genau berechnen.

Die Beobachtung der Schwingungsdauer läßt sich bekanntlich ebenfalls recht genau durchführen. Wenn man den Wagen zuerst bis an den Prellbock ablenkt und dann frei läßt, so hat man eine große, im ganzen Raum sichtbare Schwingungsbewegung von 150 cm Schwingungsweite, die aber wegen der Dämpfung langsam abnimmt. Man mache die Schüler bei Vorführung dieser Versuche auch auf das leise Geräusch der Kugellager aufmerksam. Die Höhe des Tones zeigt sehr gut vernehmbar die größte Geschwindigkeit an beim Durchgang durch die Ruhelage. Das kurz dauernde gänzliche Aussetzen des Geräusches in den Umkehrpunkten ist mit dem Ohr ebensogut zu vernehmen, wie die Umkehr des Wagens durch das Auge. Man kann gut 10 ganze Schwingungen beobachten, bevor die Ausschläge durch die Reibung zu klein werden. Damit erhält man schon die Zehntel der Sekunden für die einzelne Schwingung sicher. Durch mehrmalige Wiederholung desselben Versuches und Mittelnehmen wird dann auch die hundertstel Sekunde noch einigermaßen sichergestellt. In der Tabelle 5 sind für eine Reihe sehr verschiedener Massen die berechneten und die beobachteten ganzen Schwingungszeiten zusammengestellt.

Tabelle 5.

M	\sqrt{M}	$T_{\text{ber.}}$	$T_{\text{beob.}}$
3718	60,98	5,00	5,00
2876	53,63	4,398	4,393
2834	53,24	4,366	4,360
1156	34,00	2,790	2,800
658,6	25,66	2,104	2,100
375,0	19,365	1,588	1,587

Wie man sieht, ist diese Übereinstimmung eine ganz ausgezeichnete. Die Ursachen dieser guten Übereinstimmung liegen zuerst darin, daß die gemessenen Größen F und M unter dem Wurzelzeichen vorkommen. Ferner in der weitgehenden Unabhängigkeit der Schwingungsdauer von der Reibung. Und endlich darin, daß man in der ununterbrochenen Aufeinanderfolge einer ganzen Reihe von Schwingungen die Dauer der einzelnen Schwingungen genauer ermitteln kann.

Eine experimentelle Bestimmung der LUDOLFSchen Zahl π .

Man gestatte hier eine kleine Abschweifung in das mathematische Gebiet. Wenn die Schüler ungefähr zu gleicher Zeit im Mathematikunterricht die Berechnung der Zahl π kennen lernen, so werden sie gewiß mit lebhafter Teilnahme erfahren, daß man die Zahl auch experimentell ermitteln kann. Die Berechnung der Schwingungs-

zeit aus der Kraft der Feder und der Masse des Wagens ist nämlich nur möglich unter der Voraussetzung, daß man die Zahl π als bekannt annimmt. Tut man das nicht, so hat man in der Formel $T = 2\pi\sqrt{M/F_1}$ drei Größen, die unmittelbar gemessen werden können, und es läßt sich daher die einzige Unbekannte π aus der Gleichung bestimmen. Nachdem wir alle Größen im vorhergehenden schon gemessen haben, können wir gleich zur Ausrechnung übergehen. Wir erhalten unter Zugrundelegung der Tabelle 5 und des Wertes $F_1' = 5874$ die folgenden Werte für die Zahl π :

Tabelle 6.

M	3718	2876	2834	1156	658,6	375,0	—
$T_{\text{bcob.}}$	5,00	4,393	4,360	2,800	2,100	1,587	—
π	3,142	3,139	3,138	3,156	3,136	3,141	Mittel $\pi = 3,1420$

Hier wäre der geeignete Augenblick, die Schüler darauf aufmerksam zu machen, daß eine wesentlich genauere Ermittlung von π auf diesem Wege nicht möglich ist, weil alle Größen, aus denen die Berechnung erfolgt, mit Fehlern behaftet sind, bzw. nur mit einem geringen Grad von Genauigkeit gemessen werden können. Es wäre aber auch Gelegenheit, darauf aufmerksam zu machen, daß auch die viel genauere mathematische Ermittlung von π , unbeschadet der großen Bedeutung dieser ersten exakten Integration für die Wissenschaft, für die Anwendung keinen Wert hat, soweit die Genauigkeit wesentlich über die Genauigkeit der übrigen Größen hinausgeht, daß man z. B. den Umfang eines Kreises auch mit dem genauesten Wert von π doch nicht genauer errechnen kann, als die Messung des Durchmessers geschehen ist.

Der Stoß.

Der Stoß gilt als Muster jener Vorgänge, die so schnell verlaufen, daß wir sie mit unseren Sinnen im einzelnen nicht mehr erfassen können. Die Folge davon ist, daß die Schüler sich leicht die Auffassung bilden, als handle es sich dabei um etwas ganz besonders Geheimnisvolles. Wenn es daher gelänge, den Vorgang so sehr zu verlangsamen, daß man ihn mit den Augen verfolgen kann, so wäre das vom Standpunkte des Unterrichts aus sehr zu begrüßen. Von diesem Gesichtspunkte aus möchte ich das Folgende beurteilt sehen.

Die Ursache des schnellen Verlaufs der Stoßvorgänge liegt darin, daß die Kräfte, die bei kleinen Abplattungen ins Spiel treten, schon sehr groß sind, so groß, daß sie die Geschwindigkeitsunterschiede der beiden stoßenden Körper im allgemeinen sehr schnell ausgleichen. Wesentlich für den Stoßvorgang ist es aber nicht, daß diese Kräfte so groß sind. Und wenn an einem Eisenbahnwagen durch Zwischenschalten der federnden Puffer die Gewalt des Stoßes vermindert wird, so geschieht das eben dadurch, daß durch die Pufferfedern die mit einer bestimmten Deformation verbundenen Kräfte wesentlich verkleinert werden, und dadurch wird zugleich die Stoßzeit wesentlich vergrößert, abgesehen davon, daß in dem vorliegenden Fall zugleich der Stoß in einen elastischen Stoß verwandelt wird. Denken wir uns nun, daß wir einmal eine Pufferfeder anbringen, die noch viel mehr verlängert oder verkürzt werden kann, bevor sie mit derselben Kraft zurückwirkt, als die gewöhnliche Feder, so würde das die Eigentümlichkeiten des Stoßes auch nur der Größe nach, nicht der Art nach ändern. Die einschlägigen Gesetze wären nach wie vor durchaus dieselben, und eine etwaige mathematische Darstellung des ganzen Vorgangs mit algebraischen Zeichen würde überhaupt nicht von dem gewöhnlichen Fall zu unterscheiden sein. Die Feder gilt dann als Teil des einen der stoßenden Körper.

Noch in einem anderen Punkt kann man die übliche Darstellung des Stoßes verallgemeinern und dadurch eine tiefere Auffassung, wie mir scheinen will, ohne große

Mühe gewinnen. Gewöhnlich hält man es für wesentlich, daß der langsamere Körper vor dem schnelleren liegt, damit der schnellere ihn erreichen und dann aus seiner Lage oder seiner geringeren Geschwindigkeit herausdrängen kann. Infolge der Trägheit üben beide Körper eine Gegenwirkung aus auf den anderen, der seine Geschwindigkeit nicht ändern kann, ohne eine Gegenwirkung auf die ändernde Ursache auszuüben. Das ist das Wesentliche des Stoßvorgangs. Aber diese Einwirkungen von zwei trägen Körpern aufeinander infolge ihrer verschiedenen Geschwindigkeit können ganz in derselben Weise eintreten, wenn der schnellere Körper den anderen hinter sich hat, vorausgesetzt, daß dann eine feste Verbindung zwischen beiden besteht, eine feste Schnur, ein Draht, eine Kette oder dergleichen. Dann gelten für diese Körpergebilde ganz dieselben Gesetze, und auch dieselben Formeln mit derselben Bedeutung wie in den üblichen Stoßgesetzen. Es wird nur an Stelle des Stoßes durch Druck ein Stoß durch Zug erzeugt.

Nun liegt es aber in unserer Hand, diese Verbindungen stark dehnbar zu machen, gerade so wie wir die Puffer an einem Eisenbahnwagen stark dehnbar wählen konnten. Und die Kräfte, die dann zur Dehnung dieser Verbindungen aufgewandt werden müssen, sind dieselben, mit welchen die beiden Körper beschleunigend aufeinander einwirken, geradeso wie die Stoßwirkungen bei den Eisenbahnwagen gleich sind mit den Kräften, welche die Puffer zusammendrücken. Da jetzt diese Kräfte sehr klein sind, brauchen sie viel längere Zeit, um die Geschwindigkeitsunterschiede auszugleichen. Je nachdem die Dehnung elastisch oder unelastisch erfolgt, haben wir den einen oder den anderen Stoß mit allen seinen Eigenschaften. Der Unterschied beim Stoß durch Zug ist nur der, daß diese Anordnung etwas leichter ist in der Ausführung. In dem Falle nämlich, daß die Wagen aufeinanderstoßen, also die Puffer auf Druck beansprucht werden, braucht man noch besondere Führungen, damit sie nicht seitwärts ausweichen. Werden sie aber gedehnt, so werden sie durch die einwirkenden Kräfte zugleich gerade gezogen, und man kann diese Führungen, die auch leicht mit einer unerwünschten Reibung verbunden sind, ganz entbehren.

Zur Ausführung der Versuche mit der Schwebbahn braucht man zwei Wagen. Es sind dazu zweckmäßig wenigstens drei Gewichte vorhanden, von denen zwei einander gleich, das dritte verschieden ist, um den Stoß gleicher und ungleicher Massen zeigen zu können. Die Verlängerung der Stoßzeit in so hohem Maße, daß die Schüler die Formänderungen mit den Augen verfolgen können, wird in der angedeuteten Weise erzielt durch Verbindungskörper, die sich sehr stark dehnen können und dazu nur eine sehr geringe Kraft erfordern.

Der unelastische Stoß ist für das Verständnis der einfachere; die Körper wirken solange aufeinander ein, bis ihre Geschwindigkeitsunterschiede sich ausgeglichen haben, dann gehen sie mit der gleichen Endgeschwindigkeit weiter. Diese immer gleiche Endgeschwindigkeit ist das, was man den Schülern zeigen sollte. Der Nachweis mit der Schwebbahn ist sogar recht genau, da ein geringer verbleibender Unterschied sich in einer allmählichen Änderung des Abstandes der beiden Körper nach dem Stoß deutlich zeigen würde. Aber dazu ist erforderlich, daß der verbindende Körper vollkommen unelastisch sich dehne, und darin lag die Schwierigkeit dieses Versuches, daß es keine vollkommen unelastische Körper gibt. Ein langer schmaler Streifen Bleiblech, der, vorher zusammengebogen, durch den Stoß gerade gestreckt wurde, erwies sich nicht als genügend unelastisch, und weniger elastische Körper sind nicht bekannt.

Schließlich überlegte ich mir, daß die Dehnung doch nicht notwendig durch Biegung zu geschehen brauchte, daß sie auch durch Gelenke erzielt werden könne, die sich vollkommen unelastisch bewegen. So kam schließlich als unelastische Verbindung der beiden stoßenden Körper die bekannte ausziehbare Schere zur Verwendung (Fig. 4). Vier längere und vier kürzere Blechstreifen, durch Niete miteinander verbunden, alle Gelenke bewegen sich mit einer mäßigen Steifigkeit, aber

vollkommen unelastisch; durch Anziehen der Schraube, mit welcher das Ganze an seinen Träger D befestigt ist, kann die Steifigkeit noch in weiten Grenzen verändert werden, bis man die gewünschte weithin sichtbare Verlängerung beim Stoß erreicht hat. Die Befestigung der Schere an den Wagen erfolgt mit einem Handgriff, indem man den Draht D in eine am Wagen vorgesehene Öffnung steckt.

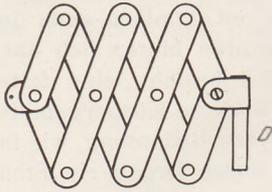


Fig. 4.

Da das Ergebnis, die gleiche Endgeschwindigkeit, ganz unabhängig davon ist, welches die Geschwindigkeit des ersten Körpers vor dem Stoße war, so genügt es, dem ersten Wagen einfach mit der Hand eine beliebige Geschwindigkeit zu erteilen. Um dabei eine größere Bewegungsfreiheit zu haben, ist außer der Schere noch ein etwa 20 cm langes Stück Schnur zwischen die beiden Wagen geschaltet. Die Stoßwirkung findet erst in dem Augenblick statt, wo die Schnur angezogen wird. (Es ist aber darauf zu achten, daß auch die Schnur nicht etwa elastische Dehnungen in den Vorgang hineinträgt.) Da die gleiche Endgeschwindigkeit, wie schon erwähnt, sich sehr genau feststellen läßt, so ist dieser Versuch durchaus als ein messender Versuch zu werten.

Der elastische Stoß. Viel günstiger liegen die Verhältnisse beim elastischen Stoß, da wir in einer Spirale aus Stahldraht innerhalb der Elastizitätsgrenzen einen vollkommen elastischen Körper besitzen, der sich sehr weit ausdehnen läßt. Es wurde eine Feder geeignet gefunden, die (Fig. 5) in 40 bis 50 Windungen von etwa 16 mm Windungsdurchmesser aus Draht von 0,6 mm Dicke gewickelt war. Das Ende der Feder ist ebenfalls in einen Draht D eingelötet, der in derselben Weise wie eben die Schere am Wagen befestigt wird.

Für die Prüfung der Stoßgesetze sind die Fälle am geeignetsten, wo der eine Körper vor dem Stoße ruht. Bei gleichen Massen muß dann nach dem Stoß der bewegte Körper gerade zur Ruhe kommen. Dadurch wird auch dieser Versuch einem

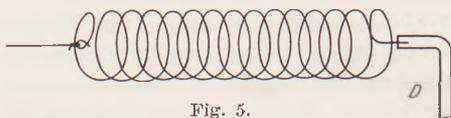


Fig. 5.

messenden Versuch gleichwertig. Bei ungleichen Massen muß der bewegte Körper mit verminderter Geschwindigkeit weitergehen, in derselben Richtung oder in der umgekehrten, je nachdem seine Masse größer oder kleiner ist als die des anderen Körpers. Auch hier genügt es, den ersten Wagen einfach mit der Hand in Bewegung zu setzen. Man kann aber auch, wenn man das etwa mit Schülergruppen weiter verfolgen will, den ersten Wagen ganz gesetzmäßig bewegen durch ein fallendes Gewicht, das dann im Augenblick des Stoßes, wenn die Feder ausgezogen wird, auf eine untergeschobene Stütze stößt und dadurch zu wirken aufhört.

Auch hier wird außer der Spiralfeder zweckmäßig noch ein Stück Faden zwischen die beiden Wagen geschaltet, so daß der Stoß erst beginnt, wenn die Entfernung etwa 50 cm beträgt. Man kann dann deutlich die beiden Hälften des Stoßvorganges beobachten. In der ersten Hälfte wird die Feder gedehnt, die Dehnung wird solange größer, als die Geschwindigkeit des vorausgehenden Wagens noch größer ist als die des nachfolgenden. Dann kommen die Eigenschaften der elastischen Verbindung zur Geltung, die Feder zieht sich wieder zusammen und bewirkt dabei noch einmal dieselbe Geschwindigkeitsänderung an beiden Körpern, die in der ersten Stoßhälfte statt hatte. Am Schluß steht der stoßende Wagen still, wenn die beiden Massen die gleichen sind, sonst geht er weiter bzw. zurück, wie es die Stoßgesetze verlangen.

Die Wellenbewegung.

Die Längswellen, wenigstens in Gebilden nur einer Erstreckung, sind nichts anderes als eine ununterbrochene Aufeinanderfolge von elastischen Stößen. Man wird wegen der Kosten nicht leicht eine größere Anzahl Wagen anschaffen wollen, um das zu

zeigen. Aber auch, ohne das im Versuch zu sehen, werden die Schüler nach den letzten Versuchen über den elastischen Stoß das Folgende verstehen. Wir gehen aus von dem Zusammenstoß zweier gleicher Körper, von welchen der eine vor dem Stoß in Ruhe war. Das Ergebnis des Stoßes bestand darin, daß nach dem Stoß der erste Körper gerade vollkommen zur Ruhe gebracht wurde, während der zweite die Geschwindigkeit erhielt, die der andere vor dem Stoß gehabt hatte. Denken wir uns nun hinter dem zweiten Wagen einen dritten, ebenso elastisch mit dem zweiten verbunden, wie der zweite mit dem ersten, so wird nun derselbe Vorgang zwischen dem zweiten und dem dritten Wagen sich wiederholen, der zweite Wagen wird wieder zur Ruhe kommen und der dritte dessen Geschwindigkeit annehmen, dieselbe Geschwindigkeit also, die zu Anfang der erste Wagen hatte. Und wenn dann der dritte Wagen in derselben Weise mit einem vierten verbunden ist, und dieser mit einem fünften, sechsten . . . so bildet die Gesamtheit dieser Wagen ein elastisches Medium, und die Bewegung des ersten Körpers pflanzt sich als elastische Welle durch das ganze Medium hindurch fort. Jeder Körper kommt, nachdem er seine kleine Bewegung gemacht hat, vollkommen zur Ruhe.

Eine Unstetigkeit des Mediums würde es bedeuten, wenn einmal von einem bestimmten Wagen an alle folgenden eine andere Masse hätten. Wäre das etwa vom fünften Wagen an der Fall, so käme der vierte Wagen nach dem Stoß auf den fünften nicht zur Ruhe. Da aber der dritte, zweite, erste schon in Ruhe sind, so würde nun der vierte wieder auf den dritten einwirken und dieser auf den zweiten . . . Mit anderen Worten: von der Unstetigkeitsstelle aus wird eine neue Welle rückläufig sich durch das ganze Medium ausbreiten. Auch die Richtung, in welcher sich die einzelnen Wagen nun bewegen, ergibt sich aus den Stoßgesetzen; denn wir sahen, daß ein leichter Wagen, der auf einen ruhenden schwereren stößt, nachher in entgegengesetzter Richtung weitergeht, während ein schwererer Körper, der auf einen ruhenden leichteren stößt, nicht ganz zur Ruhe gebracht wird, sondern seinen Weg in derselben Richtung, aber mit verminderter Geschwindigkeit, weiter fortsetzt. Das sind aber alles genau die Erscheinungen, die sich in einem elastischen Medium abspielen an einer Stelle, an der das Medium dichter oder dünner wird.

Die Firma Leybolds Nachfolger, Köln, hat die Herstellung des Gerätes nach meinen Angaben übernommen.

Kleine Mitteilungen.

Ein einfacher Apparat zur Demonstration von Elektroneninterferenzen am Kristallgitter.

Von Fritz Kirchner in München.

Seit einigen Jahren wissen wir, daß mit allen bewegten Körpern eine eigentümliche Wellenerscheinung verknüpft ist, deren Wellenlänge durch die sogenannte DE BROGLIESche Beziehung

$$\lambda = \frac{h}{m v}$$

bestimmt ist ($h = 6,55 \cdot 10^{-27}$ erg·sec; m die Masse, v die Geschwindigkeit des bewegten Körpers). Der eindrucksvollste Beweis der Existenz dieser „Materiewellen“ ist bekanntlich durch die Versuche von DAVISSON und GERMER, G. P. THOMSON und KIKUCHI geliefert worden. Durch diese Versuche wurde gezeigt, daß beim Auftreffen von Kathodenstrahlen, d. h. von schnell bewegten Elektronen, auf ein Kristallgitter ganz analoge Interferenzerscheinungen auftreten, wie sie seit der LAUESchen Entdeckung für Röntgenstrahlen bekannt sind. Aus diesen Interferenzerscheinungen kann man, wenn die Struktur des Kristalls bekannt ist, unmittelbar die Wellenlänge der Elektronenwellen in Übereinstimmung mit der obigen DE BROGLIESchen Beziehung

ermitteln; umgekehrt kann man natürlich, wenn die Wellenlänge einmal bekannt ist, die Kathodenstrahlwellen in gleicher Weise wie die Röntgenwellen zur Bestimmung der Atomanordnung im Raumgitter des Kristalls benutzen. Bisher sind allerdings

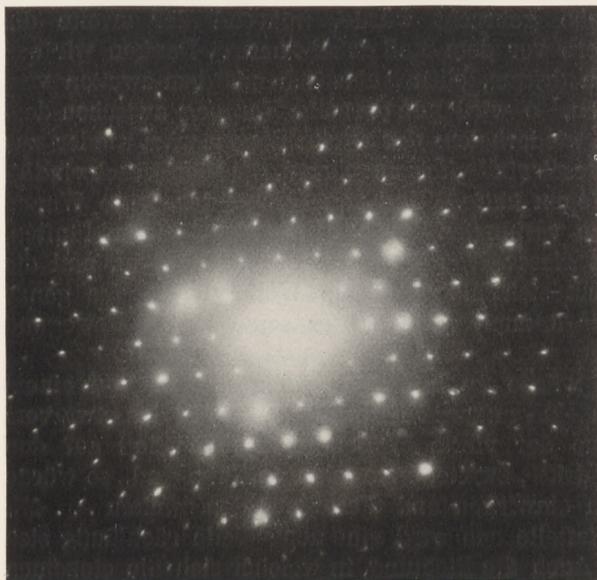


Fig. 1.

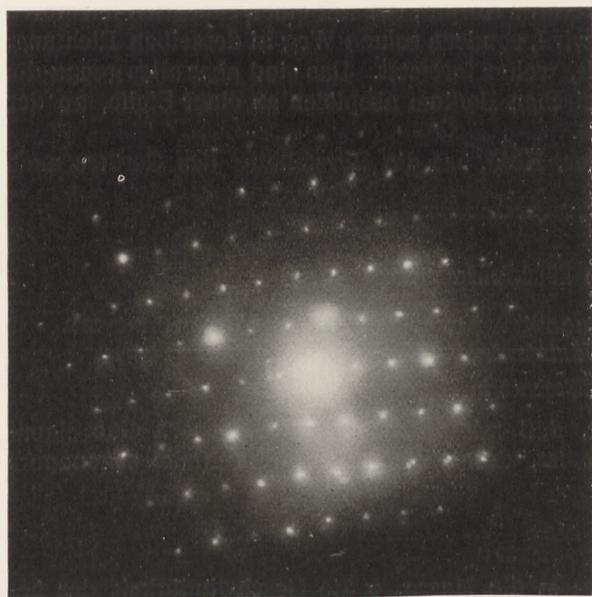


Fig. 2.

solche Interferenzversuche mit Elektronenwellen nur in verhältnismäßig wenigen Laboratorien ausgeführt worden, wobei ziemlich komplizierte und kostspielige Apparaturen verwendet wurden. Bei schnellen Kathodenstrahlen kann man die Interferenzerscheinungen mittels der photographischen Platte festhalten; als Beispiel mögen die Fig. 1 und 2 dienen, die ich mit einer in der Physik. Zeitschrift **31**, S. 772; 1930 beschriebenen Apparatur an dünnen Glimmerhäutchen nach dem Vorgang von KIKUCHI erhalten habe. Die Aufnahmen stellen typische Kreuzgitterspektren dar; das Kreuzgitter selbst bilden die Atome der Netzebenen des Glimmerkristalls parallel zur Spaltfläche. Bei Fig. 1 stand das Gitter annähernd senkrecht zum Strahl, bei Fig. 2 um 45° gegen den Strahl geneigt; in Fig. 2 ist infolgedessen in einer Richtung die Dispersion um den Faktor $\frac{1}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2}$ gegenüber Fig. 1 vergrößert¹.

Der Zweck meiner Mitteilung ist nun zu zeigen, daß man solche Kristallgitterinterferenzen auch mit sehr einfachen Mitteln, wie sie einem bescheiden ausgestatteten Laboratorium zur Verfügung stehen, recht eindrucksvoll auf dem Leuchtschirm zeigen kann. Der zu beschreibende Apparat ist so einfach, wie er für diesen Zweck überhaupt sein kann. Er besteht aus einer ca. 40 bis 50 cm langen Röhre, die durch eine enge Blende in 2 Teile, den Entladungs- und den Beobachtungsraum, ge-

trennt wird (Fig. 3). Im Entladungsraum, der aus einer Glasröhre besteht, befindet sich als einzige Elektrode eine mittels Platindrahts eingeschmolzene gewöhnliche Aluminiumkathode *K*, wie sie z. B. in BRAUNSchen Röhren verwendet wird. Der Beobachtungsraum besteht entweder aus Metall oder ebenfalls aus Glas; im letzteren Falle hat

¹ Über eine eingehendere Diskussion dieser Kreuzgitterspektren vgl. W. L. BRAGG und F. KIRCHNER, Nature 1931.

das Ganze dieselbe Form wie eine normale BRAUNSCHE Röhre älterer Bauart. Steht eine zur Evakuierung geeignete Pumpe (vgl. unten) zur Verfügung, so verwendet man als Beobachtungsraum ein Messingrohr von etwa 6 cm lichter Weite, in welches das Entladungsrohr mit Siegelack eingekittet wird. Unmittelbar hinter der Kittstelle ist in das Messingrohr ein massives Stück Messing eingeschraubt, in dessen Mitte eine enge Lochblende angebracht ist und das auf der dem Entladungsrohr abgewandten Seite ein möglichst dünnes Glimmerhäutchen trägt¹. Außer der Lochblende besitzt das Messingstück noch eine weitere Durchbohrung zur Verbindung von Beobachtungs- und Entladungsraum, die aber so geführt ist, daß keine Kathodenstrahlen passieren können. Die andere Seite des als Beobachtungsraum dienenden Messingrohrs ist durch eine aufge kittete Glasplatte verschlossen, auf deren Innenseite eine Schicht von fluoreszierendem Zinksulfid angebracht ist. In das weite Messingrohr ist ferner noch ein engeres Rohr eingelötet, durch das der Apparat evakuiert wird. Zur Evakuierung genügt jede Pumpe, die ein „Röntgen-Vakuum“, d. h. etwa 10^{-5} mm Hg, liefert; außer den gewöhnlichen Diffusions- und Kondensationspumpen aus Glas oder Metall kann man also z. B. eine rotierende Quecksilberpumpe oder auch eine zweistufige Ölpumpe benutzen, wie sie seit einiger Zeit von

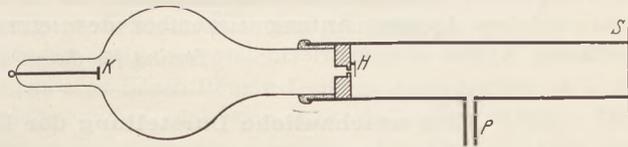


Fig. 3. Demonstrationsapparat für Elektroneninterferenzen.
K Kathode; H Häutchen, etwa 10^{-5} cm dick; S Leuchtschirm;
P Ansatzrohr zur Pumpe.

verschiedenen Firmen hergestellt werden (die Ölpumpe bietet sogar den Vorteil, daß man keine Kühlvorrichtung zur Fernhaltung des Quecksilberdampfs anzubringen braucht; man muß allerdings aufpassen, daß beim Stehenbleiben der Pumpe kein Öl in die evakuierte Apparatur dringt!)

Zum Betrieb der Entladungsröhre benutzt man am zweckmäßigsten eine Influenzmaschine. Je nach der von der Influenzmaschine gelieferten Stromstärke kann man die Blende bei *H* mehr oder weniger eng machen. Wenn die Maschine eine Stromstärke 0,1 Milliampere oder mehr liefert (wie z. B. die von WEHRSEN hergestellte Influenzmaschine), kann man eine Blende von 0,1 mm Durchmesser verwenden und erhält dann auf dem Leuchtschirm ein helles Bild von gleicher Schärfe, wie es die Fig 1 und 2 in photographischer Wiedergabe zeigen. Hat man keine geeignete Influenzmaschine, so kann man sich auch mit einem gewöhnlichen Induktor behelfen; man muß dann allerdings wegen der Inkonstanz der Induktorspannung eine entsprechend verringerte Schärfe des Interferenzbildes in Kauf nehmen.

Die Röhre kann auch — ganz aus Glas nach Art einer BRAUNSCHE Röhre — von der Pumpe abgeschmolzen werden; der Betrieb an der Pumpe bietet aber den Vorteil, daß man durch Verändern des Gasdruckes mittels eines in die Vakuumleitung eingeschalteten Hahns die Röhrenspannung beliebig verändern kann. Je nach der Dicke des Häutchens werden die Interferenzen etwa von der Spannung 20 KV an (oder mehr) sichtbar; die größte Helligkeit erreicht man aber, wenn man die Spannung möglichst hoch wählt.

Zum Schluß sei noch kurz erläutert, inwiefern sich der hier beschriebene vereinfachte Apparat von den bisher in der physikalischen Literatur beschriebenen Apparaturen für Elektroneninterferenzen unterscheidet. Die hier erreichte wesentliche Vereinfachung besteht darin, daß

1. zur Ausblendung nicht wie bisher ein enger Kanal oder zwei im Abstand von einigen Zentimetern angeordnete enge Blenden benutzt werden, sondern nur eine Blende;

¹ Man kann das Häutchen auch an einem seitlich eingeführten Halter befestigen, der mittels Schliffs um eine zur Strahlrichtung senkrechte Achse gedreht werden kann. Wenn man mit dieser Vorrichtung die Neigung des Häutchens langsam verändert, blitzen die verschiedenen Spektren des Interferenzbildes auf dem Leuchtschirm abwechselnd mehr oder weniger hell auf.

2. keine getrennte Evakuierung von Beobachtungs- und Entladungsraum erforderlich ist, obwohl zur Erzeugung des Kathodenstrahls eine gewöhnliche selbständige Ionenentladung benutzt wird. Man kann natürlich statt der Ionenentladung auch eine Glühkathodenentladung im Höchstvakuum benutzen, wobei ebenfalls keine getrennte Evakuierung der beiden Räume notwendig ist; in diesem Falle würde aber außer der Komplikation des Apparates eine zweimalige Ausblendung notwendig sein, weil man mit der Glühkathode kein annähernd paralleles Elektronenbündel wie in der Ionenentladung, sondern ein stark divergentes Bündel, erhält. Bei der Glühkathodenentladung sind deshalb auch zur Erzielung gleicher Helligkeit der Interferenzen stärkere Entladungsströme erforderlich als bei der Ionenentladung.

Die Anregung zur Konstruktion des oben beschriebenen einfachen Demonstrationsapparates verdanke ich der Schweizer Physikalischen Gesellschaft, die mich vor einiger Zeit aufforderte, im Rahmen eines Vortragszyklus über Quantenmechanik Elektroneninterferenzen auf dem Leuchtschirm zu zeigen; in Zürich habe ich auch einen solchen Apparat Anfang Dezember des letzten Jahres zum ersten Mal einem größeren Kreise demonstriert. *Institut für theoretische Physik der Universität München.*

Eine anschauliche Darstellung der Remissionsfunktion.

Von F. Könnemann in Glogau.

Eine der wesentlichsten Grundlagen jeder Farbtheorie ist, soweit Pigmente in Frage kommen, die sogenannte Remissionsfunktion. Diese Funktion $R(\lambda)$ gibt für eine bestimmte Wellenlänge λ an, wieviel Prozent des Lichts zurückgeworfen werden. $R(\lambda)$ ist also eine Funktion über dem Spektrum als Abszissenachse, mit dem idealen Höchstwert 1 (bzw. 100%) und dem Tiefstwert 0. Bekanntlich bestimmt sich aus dem Charakter der Remissionsfunktion eindeutig die Farbe des betreffenden Pigments. Man kann nun experimentell wenigstens qualitativ das Wesen der Remissionsfunktion sehr einfach wie folgt darstellen:

In ein möglichst lichtstarkes und großes Spektrum auf weißem Schirm hält man parallel zum Spalt einen schmalen Streifen des betreffenden Pigments. Er erscheint stets in der Farbe des entsprechenden Lichtes, also gleichfarbig wie der weiße Untergrund, nur im allgemeinen dunkler. Es gibt also ein ganz bestimmtes Grau, das an dieser Stelle nicht nur im Farbton, sondern auch in der Helligkeit mit dem Pigment völlig übereinstimmt. Die Remissionsfunktion des Pigments ist dann gleich dem Weißgehalt des entsprechenden Graus. Für qualitative Versuche genügen Graustreifen, die man durch wechselnde Belichtung photographischer Papiere sich herstellt. Quantitativ besser sind die fein abgestuften Graupapiere, wie sie etwa in der Psychotechnik zur Prüfung der Empfindlichkeit für Helligkeitsunterschiede verwendet werden¹. — Eine besonders übersichtliche Form des Versuchs erhält man, wenn man den Untergrund des Spektrums nicht weiß, sondern bei horizontal sich erstreckendem Spektrum in horizontal abgestuften Graulinien wählt. Dabei liegt Weiß oben, Schwarz unten. Man schiebt jetzt den Pigmentstreifen soweit hoch, bis sein oberes Ende den Graustreifen gleicher Helligkeit erreicht und führt ihn, stets unter Beachtung dieser Bedingung, quer durch das Spektrum. Dann beschreibt sein oberes oder noch besser sein unteres Ende von selbst die ganze Remissionsfunktion.

Ein Versuch zur Bestimmung des Äquivalents zwischen mechanischer und elektrischer Energie.

Von Erich Nies in Schondorf am Ammersee.

Die überragende Wichtigkeit des Energiesatzes läßt in der Schule immer dringender den Wunsch aufkommen, die Umrechnungszahlen für die verschiedenen Energieformen

¹ Zu beziehen von der Fabrik wissenschaftlicher Apparate E. Zimmermann, Leipzig O. 27, Wasserturmstr. 33. In Berlin befindet sich eine Vertretung: N.W. 6, Karlstr. 5a.

mit einiger Genauigkeit zu bestimmen. Im folgenden wird eine Anordnung beschrieben, die gestattet, das Umrechnungsverhältnis zwischen mechanischer und elektrischer Energie mit einer Genauigkeit von mindestens 3 bis 5 v. H. zu messen. Die Methode wird ungefähr dasselbe leisten können, wie die von K. SCHMIDT und W. VOLKMANN angegebene¹.

Grundgedanke: Eine Dynamo wird durch irgend eine Kraftmaschine angetrieben, die erzeugte elektrische Leistung gemessen und vernichtet (N_e). Öffnet man den Stromkreis, so wird die Achse rascher laufen; nun wird sie mechanisch gebremst, bis ihre Drehzahl wieder den vorigen Betrag annimmt. Jetzt wird die mechanische Bremsleistung gemessen (N_m). Dann sind N_e und N_m energetisch gleichwertig, da sie die gleiche Bremswirkung hervorrufen. Dies liefert die gesuchte Umrechnungszahl.

Der Hauptvorzug dieses Verfahrens besteht darin, daß es nicht eine Energieverwandlung in einseitig bevorzugter Richtung benutzt, sondern zwei gleichberechtigte Energiebeträge vergleicht.

Versuchsordnung: Es wurde eine Bosch-Benzin-Dynamo (Gleichstrom 36 Volt, 7 Ampere) verwendet, die im Kriege zum Laden von Akkumulatoren diente. Der Motor arbeitet mit zwei luftgekühlten Zylindern im Viertakt. Die Dynamo sitzt auf der gleichen Achse, auf der ferner eine hölzerne Riemenscheibe von etwa 10 cm Dicke und 17 cm Durchmesser sowie eine Pappscheibe mit 10 Löchern befestigt wurden. Die letztere wird mit Preßluft angeblasen und erzeugt einen Ton, der mit dem einer elektromagnetisch erregten Stimmgabel verglichen wird. Die Dynamo wird unter

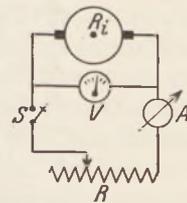


Fig. 1.

Abänderung der ursprünglichen Schaltung mit Fremderregung (20 Volt) betrieben, die während des ganzen Versuches angelegt bleibt. In den Ankerkreis (Fig. 1) werden ein Regelwiderstand R , ein Schalter S , das Ampere-meter A und das Voltmeter V gelegt. Die mechanische Bremse besteht (Fig. 2) aus der erwähnten Holzscheibe H , auf die das Stahlband B (4 cm breit) aufgelegt wird. Dessen senkrecht Ende hängt an einer Federwaage F (200 gr).

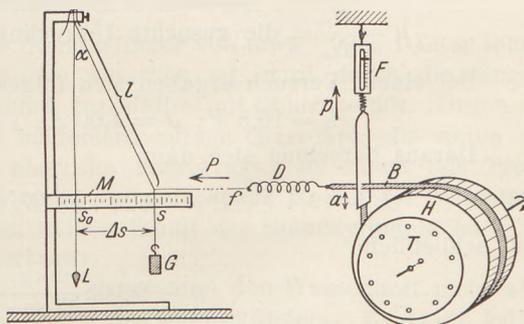


Fig. 2.

Das waagrechte Ende zieht über die Dämpfungsfeder D und den ziemlich langen Faden f das Pendel G aus seiner Ruhelage heraus, die durch das Lot L markiert ist. Das Pendelgestell kann auf dem Tisch verschoben werden. Die Pendelabweichung Δs wird an dem Spiegelmaßstab M ermittelt. Diese Bremse läßt sich bei laufendem Motor anlegen, abnehmen und regulieren, im übrigen hat sie wohl die Vorzüge der VOLKMANNschen².

Meßverfahren: Der Motor wird angeworfen und die Dynamo elektrisch belastet durch Schließen von S . Ist ein gleichförmiger Betriebszustand erreicht, so werden die Stimmgabel und die Lochsirene in Tätigkeit gesetzt und durch Variieren von R auf Tongleichheit gebracht. Zugleich erfolgt Ablesung bei A und V (J bzw. E_k). Alsdann wird S geöffnet, die Bandbremse angelegt und durch Verschieben des Pendelgestells der Motor wieder auf Tongleichheit zwischen Sirene und Stimmgabel abgebremst. Jetzt werden die Belastung von F , die Stellung des Pendels s und seine Ruhelage s_0 abgelesen (s. Fig. 2). $s - s_0 = \Delta s$. Darauf nimmt man die Bandbremse wieder ab, schließt S und beginnt von vorn. Nach einiger Zeit kann man die Gaszufuhr beim

¹ Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft, Heft 14. K. SCHMIDT und W. VOLKMANN, Elektrische Maschinen. Berlin, Julius Springer. 1929, S. 69 ff.

² a. a. O., S. 12, Fig. 6.

Motor ändern und eine zweite Versuchsreihe aufnehmen usw. Bei diesen Messungen arbeiten am besten 3 Personen zusammen.

In Nebenversuchen sind zu bestimmen: der innere Widerstand des Dynamoankers R , der Umfang u der Riemenscheibe, die Länge l des Pendels und die Schwingungszahl N der Stimmgabel. Dieses letztere geschieht am bequemsten durch Tonvergleichung mit einer anderen Sirene unter Verwendung von Uhr und Tourenzähler.

Auswertung: Es bedeute (vgl. Fig. 2)

E_k = Klemmenspannung der Dynamo bei Stromentnahme

J = Ankerstromstärke bei Stromentnahme

R_i = Innerer Widerstand des Ankers = 0,72 Ohm

E = $E_k + JR_i$ = Gesamte induzierte Spannung der Dynamo

$s - s_0 = \Delta s$ = waagrechte Abweichung des Pendels aus der Ruhelage

$l = 100$ cm = Länge des Pendels

a (bestimmt aus $\sin a = \frac{\Delta s}{l}$) = Pendelausschlag in Winkelmaß

p = Ablesung an der Federwaage, F = senkrechter Zug an der Bandbremse

$G = 2$ kg = Gewicht des Pendels

$P = G \cdot \operatorname{tg} a$ = waagrechter Zug an der Bandbremse

$K = P - p$ = Bremskraft am Umfang der Riemenscheibe

n = Drehzahl des Motors bei Tongleichheit mit der Sirene = 24,8 sec.

Dann ist:

$N_m = K \cdot u \cdot n$ = Bremsleistung bei mechanischer Belastung

$N_e = E \cdot J$ = Bremsleistung bei elektrischer Belastung

$\mu = \frac{N_m}{N_e}$ = die gesuchte Umrechnungszahl.

Bei einem Versuch ergaben sich folgende Werte:

$$E_k = 16,5 \text{ V}; J = 4,00 \text{ A}; s = 35,7 \text{ cm}; p = 0,145 \text{ kg}.$$

Daraus berechnet sich dann

$$E = 19,4 \text{ V}; P = 0,623 \text{ kg}; N_e = 77,8 \text{ W}; N_m = 0,840 \frac{\text{mkg}}{\text{W sec}}$$

und schließlich

$$\mu = 0,108 \frac{\text{mkg}}{\text{W sec}} = 0,108 \frac{\text{mkg}}{\text{Joule}}.$$

Eine weitere — nicht besonders gute — Versuchsreihe lieferte

$$\mu = 0,108; 108; 116; 106; 106; 108; 102; 104; 100; 102 \frac{\text{mkg}}{\text{Joule}},$$

im Mittel

$$\mu = 0,106 \frac{\text{mkg}}{\text{Joule}}.$$

Aus 45 Einzelversuchen eines Schülers folgte im Mittel

$$\mu = 0,105 \frac{\text{mkg}}{\text{Joule}}$$

mit 3 v. H. Abweichung vom wahren Wert $0,102 \frac{\text{mkg}}{\text{Joule}}$. Die Methode an sich ermöglicht eine größere Genauigkeit, wie obige Versuchsreihe zeigt; denn offenbar liegt noch ein einseitiger Fehler vor, dessen Ursache aufzusuchen mir einstweilen die Zeit fehlt.

Verbesserungsmöglichkeiten: An einem Punkt ist die Methode ohne weiteres zu verbessern: die induzierte Spannung E wäre ohne Kenntnis des inneren Widerstandes, und zwar für alle Versuche gültig zu erhalten, wenn man während der mechanischen Bremsung das Voltmeter allein an die Bürsten legte. Dabei müßte man allerdings die ganze Versuchsreihe hindurch die Stromstärke der Felderregung

mit Regulierwiderstand und Amperemeter auf einem konstanten Wert halten, der am besten im Bereich der magnetischen Sättigung liegt. Ferner möchte man gern einen Weg finden, der es gestattet, dasselbe Voltmeter anstelle von Sirene und Stimmgabel, die den Versuch verhältnismäßig umständlich machen, bei mechanischer und elektrischer Bremsung als Tachometer zu benutzen, das dann nachträglich mit Uhr und Tourenzähler leicht zu eichen wäre. Das bequemste Tachometer wäre natürlich eine weitere kleine Dynamo mit Drehpultvoltmeter.

Sehr viel wichtiger wäre eine andere Änderung, nämlich der Ersatz des launischen, mit Lärm und üblem Geruch arbeitenden Bezinmotors durch einen Elektromotor. Dann läßt sich die Methode überall da anwenden, wo eine Umformanlage zur Verfügung steht. Je nach Art des Antriebmotors muß man aber andere Verfahren zur Konstanthaltung der Drehzahl und der Energiezufuhr wählen. Variiert die Drehzahl des Motors stark mit der Belastung wie beim Reihenschlußmotor, so wird man ähnlich wie oben mit Hilfe eines Tachometers die Drehzahl konstant halten. Ist das nicht der Fall, wie bei Nebenschlußmotoren, Drehstrommotoren oder gar Synchronmotoren, so muß man eben die zugeführte Leistung, etwa mit Hilfe eines Wattmeters, konstant halten.

Da fast jede Anstalt irgend eine Umformereinrichtung besitzen dürfte, so hoffe ich, mit der angegebenen Methode eine Lücke im Unterricht ausfüllen zu helfen. Mitteilungen über Erfahrungen damit sind erwünscht.

Die Synthese des Chlorwasserstoffs in der Gasreaktionsdoppelkugel.

Von Prof. Dr. P. Rischbieth in Hamburg.

Vorversuch: Ein hoher trockener Standzylinder von etwa $\frac{1}{2}$ bis 1 Liter Inhalt, der mit einem doppelt durchbohrten Stopfen versehen ist, wird durch die längere der beiden, bis zum Boden reichende Röhre zur Hälfte mit Chlor gefüllt. Durch die zweite Bohrung geht eine kurze gerade beiderseits offene Glasröhre, die unten mit dem Stopfen abschneidet, oben etwas über ihn hervorragt. In einem mit Tropftrichter und knieförmig gebogenem Ableitungsrohr versehenen Kolben ist Wasserstoff abgemessen, dessen Volumen gleich dem halben Inhalt des Standzylinders ist. Der Apparat steht im direkten Sonnenlicht.

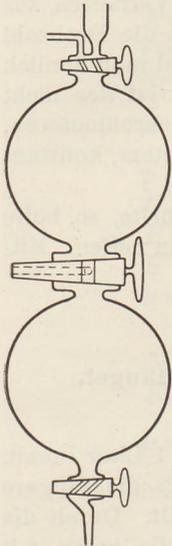
Durch Einfließenlassen von Schwefelsäure leitet man den Wasserstoff nicht allzu schnell — in 1 bis 2 Minuten — auf den Boden des Chlorzylinders. Es tritt keine Explosion oder Verpuffung ein. Die Farbe des Chlors verblaßt bald, und man sieht — besonders zuerst — sehr deutlich, wie die obere Grenze des grünen Gases sich immer mehr hebt, bis zuletzt Salzsäurenebel aus dem kurzen Rohr entweichen. Daß keine Explosion entsteht, erklärt sich dadurch, daß das in geringen Mengen zuströmende Gas durch die höhere Konzentration des Chlors im Sonnenlichte alsbald gebunden wird (Massenwirkungsgesetz). Daß auch etwas Chlorgeruch auftritt, kommt daher, daß mit abnehmender Konzentration der beiden Gase die Reaktionsgeschwindigkeit ebenfalls abnimmt, so daß der letzte Rest unverbunden bleibt.

Wichtig ist, daß die meisten Schüler schon aus diesem Versuche den Schluß ziehen, daß das Volumen des entstandenen Chlorwasserstoffs wenigstens annähernd gleich der Summe der Volumina von Chlor und Wasserstoff ist.

Hauptversuch: Der Apparat, die Gasreaktionsdoppelkugel, besteht aus zwei durch einen großen Dreiweghahn miteinander verbundenen Glaskugeln von je 150 ccm Inhalt, von denen die obere einen Trichteraufsatz und ein gebogenes Ansatzrohr, die untere eine Auslaufspitze trägt (siehe die Figur). Der die beiden Kugeln miteinander verbindende Dreiweghahn hat eine 8 mm weite Bohrung und zwei engere, die das verlängerte Hahnküken einmal mit der oberen, das andere Mal mit der unteren Kugel verbinden. Man kann somit nacheinander die beiden Kugeln mit zwei

verschiedenen Gasen füllen und durch eine Drehung des Hahnes um 90 Grad sie miteinander in Berührung bringen.

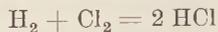
In unserm Falle verdrängt man zuerst die Luft der oberen Kugel durch Chlor, das man durch die hohle Verlängerung des mittleren Hahnkübens einführt, während Luft und überschüssiges Chlor durch das Ansatzrohr der oberen Kugel und ein gebogenes Rohr in einen Zylinder mit Natronkalk abgeleitet werden. Das Chlor wird in einem kleinen, mit Hahntrichter versehenen Erlenmeyerkolben aus Permanganat und Salzsäure entwickelt, in einer nasse Glaswolle enthaltenden Röhre von Salzsäure und in einer mit Bimssteinstücken angefüllten Röhre von Feuchtigkeit befreit. Die Bimssteinstücke sind zuvor in konzentrierte Schwefelsäure getaucht. Verfährt man so, dann gelangt keine Spur von Chlor in das Zimmer, und das Chlor in der Kugel steht unter Atmosphärendruck. Ist die Kugel mit Chlor vollständig angefüllt, so dreht man den Hahn schnell um 180 Grad und entfernt den Chlorapparat. Nun verbindet man das verlängerte Hahnküben mit einer Trockenflasche, die andererseits mit einem Kippapparat für Wasserstoff verbunden ist, und leitet Wasserstoff durch die untere Kugel, dessen Überschuß durch die Auslaufspitze entweicht. Man muß etwa 10 Minuten rechnen, bis alle Luft verdrängt ist. Dann sperrt man möglichst gleichzeitig den Zuführungsschlauch und den unteren Hahn, trägt oder schiebt den Apparat in das direkte Sonnenlicht innerhalb oder noch besser außerhalb des Zimmers und dreht den großen Hahn um 90 Grad.



Gasreaktions-
doppelkugel in 1 : 7
der natürl. Größe.
(Kugeln etwa 1 : 4.)

Es vermischt sich nun ziemlich schnell das nach oben steigende Wasserstoffgas mit dem nach unten sinkenden schweren Chlor, wobei Verbindung, aber keine Explosion stattfindet. Bei starkem Sonnenschein ist schon nach einer Minute die Farbe viel schwächer, nach 5 Minuten fast verschwunden. Man läßt die Gase in der Regel 10, 12, 15 Minuten aufeinander einwirken, je nach der Stärke der Sonnenstrahlung, bringt den Apparat wieder in das Zimmer und läßt ihn Temperatur annehmen. Sodann verbindet man die Auslaufspitze mit einer etwa 20 cm langen beiderseits offenen Glasröhre und taucht diese in ein Becherglas mit Wasser. Nach dem Öffnen des Hahnes bleibt das Wasser etwas ober- oder unterhalb der Wasseroberfläche im Becherglase stehen — von dem Chlorwasserstoff der Kugel ist das Wasser durch die Luft der Röhre getrennt. Hieraus folgt, daß der Druck, also auch das Volumen des Chlorwasserstoffs gleich dem Volumen der beiden Komponenten ist.

Hierdurch ist zweifelsfrei und in einem Versuche die Gleichung:



festgestellt. Läßt man vorsichtig durch den Trichter Wasser in die Kugeln laufen, so füllen sich diese bis auf einen Rest damit an. Dieser Gasrest enthält neben Luft, die durch das Vakuum aus dem Wasser gesogen wurde, Verunreinigungen der beiden Gase und die Reste dieser selbst, soweit sie infolge der schnell abnehmenden Reaktionsgeschwindigkeit sich nicht mehr vereinigen konnten. Um die genaue Menge des zurückgebliebenen Chlors zu bestimmen, kann man mit dem Wasser von vornherein etwas Kaliumjodid einfließen lassen. Das freigemachte Jod stellt man in wenigen Augenblicken mit $n/10$ Thiosulfat fest:

$$1 \text{ ccm } n/10 \text{ Thiosulfat} = 0,00355 \text{ g} = 1,11 \text{ ccm Cl } 0^\circ/760 \text{ mm.}$$

Am 3 Juli, einem der sonnigsten und heißesten Tage des Jahres, waren nur 5 ccm Chlor zurückgeblieben, meistens sind es zwischen 10 und 20. Dieser Rest ist ein kleiner Schönheitsfehler des Versuchs, unter dem jedoch seine Beweiskraft nicht leiden kann.

Der Versuch darf nur bei klarem Himmel und ununterbrochenem Sonnenschein ausgeführt werden; sobald eine Wolke, wenn auch nur vorübergehend, die Sonne

verdeckt, bricht man den Versuch ab, bedeckt die Doppelkugel mit einem schwarzen Tuch und bringt sie in einen von der Sonne abgelegenen Raum.

Es erhebt sich die Frage, ob man den Durchmesser der weiten Bohrung des mittleren Hahnes noch vergrößern soll? Voraussichtlich würde dadurch die Dauer des Versuchs abgekürzt werden. Es könnte aber vielleicht einmal im Verlaufe des Versuchs die Diffusionsgeschwindigkeit größer werden als die Reaktionsgeschwindigkeit und damit sich ein explosives Gemisch bilden? Diese Überlegung scheint durch eine Erfahrung bestätigt zu werden. Während in Hamburg bei 20 bis 30 Versuchen niemals die geringste Explosion oder Verpuffung beobachtet wurde, trat in Berlin bei den Ferienkursen im Oktober 1930 zweimal eine leichte Verpuffung ein, wobei in einem Falle das Hahnküken fortgeschleudert wurde. In beiden Fällen erfolgte die Verpuffung etwa 8 bis 10 Sekunden nach Öffnen des Hahnes. Vielleicht stand die nicht genügende Trocknung der Gase mit dem Vorfall in ursächlichem Zusammenhange, ähnlich wie die Verbrennung des Kohlenoxyds, ja sogar die des Wasserstoffs durch Feuchtigkeit katalysiert wird. Als hierauf mehr geachtet wurde, verlief der Versuch normal.

Es dürfte von Interesse sein festzustellen, wie die reinere Luft und die stärkere Sonneneinstrahlung der Höhen auf den Vorgang einwirken. Vielleicht könnte man den Apparat als Aktinometer verwenden, ähnlich wie Bunsen das Chlorknallgas schon früher zu solchen Zwecken benutzt hat.

Es ist vorauszusehen, daß die Gasreaktionsdoppelkugel sich auch für weitere gasvolumetrische Versuche als geeignet erweisen wird¹.

Für die Praxis.

Zum Peltier-Effekt. Von Dr. F. Speidel in Berlin. — Die in den Lehrbüchern der Physik häufig etwas stiefmütterlich behandelten Thermoströme bieten mit dem Peltier-Effekt ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, wie das Energiegesetz zur vorherigen Bestimmung eines Naturvorganges ausgenutzt werden kann.

Die Versuchsanordnung mit dem Differential-Thermometer, die den Effekt mit Hilfe zweier in verschiedenem Richtungssinn durchflossenen Thermo-Elemente zeigt, hat für die Schulsammlung den Nachteil größerer Anschaffungskosten. Sie bringt auch die rein elektrischen Beziehungen nicht so deutlich zum Ausdruck wie der nach Fig. 1 aufgebaute Versuch. Läßt man durch das Thermo-Element einen Strom in Richtung 1 fließen, so zeigt das Spiegelgalvanometer nach dem Umlegen der Wippe einen entgegengesetzten Strom in Richtung 2, wobei es natürlich gleichgültig ist, ob der erste Strom das Element in Richtung $Sb \rightarrow Bi$ oder $Bi \rightarrow Sb$ durchfließt. Die Anordnung zeigt ein schönes Gegenstück zum Polarisationsstrom, für den die Versuchsanordnung sich mit der dargestellten vollständig deckt, wenn das Thermo-Element durch eine Zersetzungszelle ersetzt wird. Die gegenelektromotorische Kraft des Thermoströmes kommt klar zum Ausdruck.

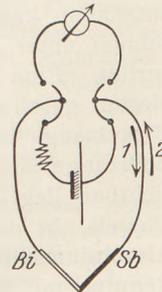


Fig. 1.

Häufiger dürfte das Thermokreuz angewendet werden. Es wird meist aus zwei dicken Metallstäben (Sb und Bi) hergestellt. Das aus diesen beiden Stäben gebildete Kreuz stellt zwei Thermo-Elemente dar, die sich an der Vereinigungsstelle der Metalle berühren. Das eine von ihnen dient zur Erzeugung des Peltier-Effektes, das andere zu seinem Nachweis.

Bei der Ausführung des Versuches ist es notwendig, sowohl in den Stromkreis wie in den Galvanometerkreis je einen Ausschalter zu legen. Schließt man dann den

¹ Zu beziehen durch die Firma: Emil Dittmar u. Vierth, Hamburg 15, Spaldingstr. 160.

Schalter S_2 erst, nachdem man durch Öffnen von S_1 den Stromkreis I stromlos gemacht hat, so fließt im Galvanometerkreis II der Thermostrom in der nach dem Energiegesetz vorher feststellbaren Richtung. Dabei kann selbstverständlich der ursprüngliche Heizstrom auch in Richtung $Bi \rightarrow Sb$ durch das Kreuz geschickt werden (Fig. 2).

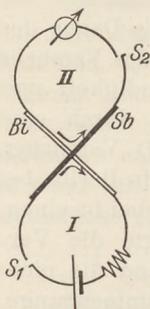


Fig. 2.

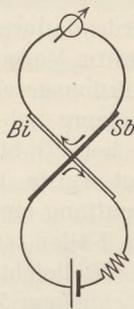


Fig. 3.

Zu einem scheinbaren Widerspruch mit dem Energiegesetz kommt man jedoch, wenn man die beiden Kreise gleichzeitig geschlossen läßt (Fig. 3), bzw. in Fig. 2 den Schalter S_2 schließt, ehe man S_1 geöffnet hat. Ein im Kreise I in Richtung $Sb \rightarrow Bi$ fließender Strom erzeugt dann auch im Kreise II einen Strom derselben Richtung. (Dasselbe ergibt sich bei Umkehrung der Stromrichtung.) Erst nach dem Öffnen des Schalters S_1 dreht der Strom im Kreise II seine Richtung um und fließt in der nach dem Energiegesetz vorher zu bestimmenden Richtung $Bi \rightarrow Sb$. Zu erklären wäre die Erscheinung wohl so, daß der Strom der Elektronen im Kreise I eine Abzweigung im Kreise II findet.

Ich möchte zum Schluß noch davor warnen, als Stromquelle im Kreise I die Schalttafel zu benutzen. Erdströme können dann leicht zu einem ganz falschen Bilde führen, gegebenenfalls wohl gar das empfindliche Spiegelgalvanometer schädigen.

Versuche zur Darstellung von Silizium und Siliziumwasserstoff. Von Dr. E. H. J. Mager in Vegesack.

1. Geschmolzenes Silizium aus Sand. Sehr zu empfehlen ist der schöne Versuch, der sich in KARL A. HOFMANN'S Lehrbuch der Chemie, 1924, S. 388, findet. Für den Schulunterricht genügt es, 50 g Aluminiumfeile, 62 g Schwefelblumen und 45 g reinen Quarzsand zu mischen und in einen passenden Tontiegel zu füllen. Der Tiegel steht fast bis zum Rande in einer mit trockenem Sande gefüllten Konservenbüchse auf einer Asbestplatte. Als Zünder benutzt man ein oben umgebogenes Stückchen Magnesiumband, das in eine oben auf den Tiegelinhalt geschüttete Prise Magnesiumspäne gesteckt ist und das man mit einem in der Tiegelzange gehaltenen Streichholz entzünden kann. Das Abbrennen der Mischung erfolgt in blendendem Licht mäßig schnell unter Aufbrodeln, doch werden glühende Tröpfchen höchstens 1 m weit verspritzt. Eine Schutzscheibe habe ich nicht benutzt, den Tisch jedoch durch Asbestplatten geschützt. Ist der Tiegel noch hellrot glühend, hebe man ihn mit einer großen Tiegelzange heraus, lege ihn auf eine doppelte Asbestplatte und breche mit einer Beißzange sofort einige Stücke der stets geborstenen Tiegelwandung weg. Deutlich sichtbar liegt ein großer Regulus von geschmolzenem Silizium auf dem Boden des Tiegels, in dem man mit einem dicken Eisendraht noch herumrühren kann. Das Aluminiumsulfid haftet meist hoch an der Tiegelwand, so daß man den erstarrten Regulus mit der Tiegelzange herausnehmen, mit Wasser ablöschen und sofort als schön silbern glänzendes Stück herumreichen kann. Man beseitige alsbald sämtliches erreichbare Aluminiumsulfid, da es sich durch die Luftfeuchtigkeit sofort unter Bildung von Schwefelwasserstoff zu zersetzen beginnt. Der Versuch ist also ans Ende der Stunde zu legen. Das Aluminium leistet in diesem Versuche dreierlei, einmal liefert es durch die Sulfidbildung die nötige Temperatur (126 W.-E., beim Oxyd sind es 380 W.-E.), dann reduziert es das Siliziumdioxid, und schließlich liefert es die Flüssigkeit, in der die entstehenden Siliziumteilchen untersinken und sich zu einem Tropfen vereinigen können.

2. Magnesiumsilizid und Siliziumwasserstoff. Die Bildung von Siliziumwasserstoff nach den Vorschriften von ARENDT-DOEBMER, Technik der experimentellen

Chemie, 5. Aufl., S. 534; KARL A. HOFMANN, S. 356; O. OHMANN, Unfallverhütung 1928, S. 151, gelingt schlecht, da der Tiegelinhalt meist herausfliegt. Für den Schulbetrieb mische man 5 g Magnesiumspäne und 3 g Silicium metallic. pulv. Merck, fülle einen Porzellantiegel bis 3 mm unter dem Rand, fülle mit Magnesiumpulver voll und bedecke. Man erhitze mit starker Flamme, am besten mit dem Mékerbrenner. Der Tiegel wird schnell glühend; offenbar wird Wärme gebildet. Der Chemikerkalender 1928 enthält leider keine Angabe über Bildungswärme des Silizides. Ein Aufsprühen wie bei Verwendung von Siliziumdioxid an Stelle des Siliziums findet nicht statt. Sobald der Tiegel gut rotglühend ist, stellt man ihn samt Deckel in eine halb mit Sand gefüllte Konservendose, überschüttet ihn sofort und schnell mit Sand und läßt ihn darunter erkalten. Der Sand hält den Sauerstoff fern, der sonst das Silizid zerstört; die Schicht reinen Magnesiums hat den Sauerstoff während des Erhitzens abgefangen. Dieses Magnesium entfernt man nach dem Erkalten des Tiegels, sticht und bohrt mit einem spitzen Messer die gesinterte Masse heraus und wirft sie brockenweise in eine mit etwa 20% Salzsäure gefüllte Glasschale. Man erhält ein hübsches Feuerwerk von knatternd abbrennendem selbstentzündlichem Siliziumwasserstoff, gelegentlich auch größere Rauchringe. Im übrigen vergleiche man KARL A. HOFMANN, S. 356.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Die Frankfurter Achema. Von OTTO REUBER in Frankfurt a. M.

Im folgenden gebe ich einen kurzen Überblick über die Ausstellung chemischer Apparate, die im Anschluß an die Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker vom 10. bis 22. Juni vorigen Jahres in Frankfurt a. M. stattgefunden hat.

Um es vorweg zu sagen: Die außerordentlich reichhaltige, musterhaft angeordnete Ausstellung bot eine glänzende Übersicht nicht nur über die Hilfsmittel der chemischen Technologie, sondern auch über die Instrumente und Apparaturen der modernen chemischen Forschung.

Alle Besucher waren bemüht, ihre Gegenstände in möglichst wirkungsvoller und lehrreicher Weise vorzuführen. Eine Glanzleistung in dieser Beziehung bot die Firma Krupp-Essen. In prächtigen Serien wurde der Einfluß veredelnder Zusätze — Chrom, Nickel, Wolfram, Silicium u. a. m. — auf Festigkeit, Hitze- und Korrosionsbeständigkeit des Eisens gezeigt: Nichtrostender Stahl, Thermosilid und das neue Werkzeugmetall „Widia“, eine Wolfram-Kohlenstoffverbindung mit Kobaltzusatz, die durch Sintern im elektrischen Ofen hergestellt wird, und die an Härte dem Diamanten nahekommt, ohne dessen Sprödigkeit zu besitzen. Neu war mir u. a. auch die Nitrierhärtung des Stahles, eine Oberflächenhärtung, die bei 500° durch Stickstoff abgebende Mittel erzielt wird und ein Abschrecken mit seinen unangenehmen Begleiterscheinungen (Rißbildung usw.) erübrigt. In Dutzenden von Glaströgen wurde die Einwirkung von Säuren, Laugen und Salzlösungen auf die verschiedenen Legierungen gezeigt. Immer wieder bedauerte man, daß diese famos ausgedachten Zusammenstellungen, die sicherlich einen großen Aufwand an Mühe und

Kosten erforderten, nur ein so kurzes Leben haben sollten.

Ohne das Nichterwähnte an Bedeutung herabsetzen zu wollen, sei aus der Fülle des Gebotenen noch einiges hervorgehoben.

Sehr wirkungsvoll war z. B. die Ausstellung des Erftwerkes für Aluminium und seine Legierungen. Die „Lurgi“, Gesellschaft für Chemie und Hüttenwesen in Frankfurt a. M., zeigte große, durchschnittene Modelle moderner Drehöfen für Kiesröstung, Vorrichtungen zur experimentellen Demonstration der Elektro-Reinigung der Röstgase und der Rückgewinnung wertvollen Flugstaubes u. a. m. Interessant war die Vorführung der Wirkungsweise der Raschig-Ringe bei Destillationsprozessen, der Niederschlagung von flüchtigen Stoffen wie Benzin, Aceton usw. durch Aktivkohle und der Trocknung und Reinigung von komprimierten Gasen durch Silica Gel. Die chemische Fabrik Stolzenberg-Hamburg zeigte alle Einzelheiten der Abwehrrichtungen gegen schädliche Gase; die Hanauer Platinfirmer Heraeus und Siebert boten kostbare Ausstellungen der Metalle und Verbindungen der Platingruppe und zeigten ihre Verarbeitung zu den verschiedensten chemischen Zwecken, wie z. B. zu Kontaktnetzen für die Ammoniakverbrennung u. dgl. Eine besondere Halle war den Maschinen zur Herstellung der Kunstseiden gewidmet, und unermüdlich wurde den Besuchern an einem in Tätigkeit befindlichen Apparat für Viskoseseide gezeigt, wie die spinnwebfeinen Fäden zustandekommen. Überhaupt: Es wurde sehr viel praktisch vorgeführt; so vor allem auch mancherlei nützliche Hilfsmittel für den Laboratoriumsbetrieb, wie z. B. Säureheber u. dgl. mehr.

In der Eingangshalle zeigte der Normungsaus-

schoß in wirksamer Nebeneinanderstellung Apparaturen aus genormten und solche aus nicht genormten Bestandteilen, und eine umfangreiche Buchausstellung gab eine imponierende Übersicht über die literarischen Hilfsmittel der wissenschaftlichen und der technischen Chemie.

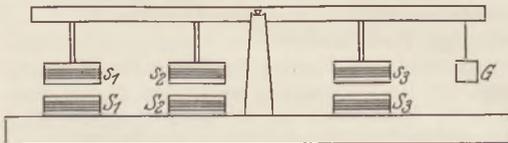
Alle Aussteller hatten reichlich für Prospekte, Broschüren usw. gesorgt, deren z. T. vorzügliche Abbildungen gelegentlich mit Nutzen beim Unterricht Verwendung finden können. Auch wurde eine Reihe von sehr instruktiven technischen Filmen vorgeführt.

Meine Oberprimaner, mit denen ich die Ausstellung besuchte, waren von ihr begeistert, und ich habe mich überzeugt, daß sie dort wertvolle Anregungen empfangen haben.

So bot die, eigentlich nur für die Zwecke der chemischen Industrie bestimmte „Achema“ jedem Besucher einen geradezu überwältigenden Eindruck von der Bedeutung und der Leistungsfähigkeit dieses so überaus wichtigen Zweiges der deutschen Volkswirtschaft und zugleich eine solche Fülle des Belehrenden, daß die künftigen Ausstellungen dieser Art allen Fachkollegen dringend zu pädagogischer Ausnutzung empfohlen werden können.

Eine elektromechanische Gleichungswage.

Ingenieur G. ROSÉN, Stockholm, beschreibt in der E. T. Z. (50, H. 48, 1726; 1929) eine von ihm konstruierte Gleichungswage, die vom Standpunkt der Physik insofern interessant ist, als dabei die anziehende und abstoßende Wirkung stromdurchflossener Spulen benutzt wird.



Auf Grund der genannten Beschreibung soll im folgenden die Konstruktion und Handhabung des Instrumentes in großen Zügen dargestellt werden für den Fall, daß es sich um die Lösung kubischer Gleichungen handelt. Für Gleichungen höheren Grades ergibt sich dann die Konstruktion und Handhabung ohne weiteres.

An einem Wagebalken (s. d. Figur), dessen Arme eine Teilung tragen, hängen verschiebbar 3 Spulen s_1, s_2, s_3 . Auf dem Grundbrett der Wage stehen verschiebbar 3 Spulen S_1, S_2, S_3 , die genau unter die entsprechenden hängenden Spulen gesetzt werden. Alle 6 Spulen sind einander gleich. Bei wagerechtem Balken beträgt der Abstand zwischen einer Hängespule und der zugehörigen Standspule nur wenige Millimeter. Die Standspule S_1 liegt mit einem veränderlichen Widerstande W_1 in einem Stromkreise, die Standspule S_2 mit einem veränderlichen Widerstande W_2 in einem zweiten Stromkreise und entsprechend S_3 mit einem veränderlichen Widerstande W_3 in einem

dritten Stromkreise. Die 3 Hängespulen s_1, s_2, s_3 sind mit einem festen Widerstand w in Serie geschaltet und gehören einem vierten Stromkreise an. Alle 4 Stromkreise liegen parallel zueinander an derselben Batterie. Der Einfachheit halber werde angenommen, daß der durch die 3 Hängespulen s_1, s_2, s_3 und den Widerstand w fließende Strom die Stärke 1 Amp habe. Wesentlich ist nun folgendes: Die 3 Widerstände W_1, W_2, W_3 sind in ganz bestimmter Weise abgeglichen. Wenn nämlich der durch die Standspule S_1 und den Widerstand W_1 fließende Strom die Stärke x Amp hat, so fließt durch S_2 und W_2 die Stromstärke x^2 Amp, durch S_3 und W_3 die Stromstärke x^3 Amp. Diese Beziehung bleibt auch bei Bewegung der 3 Gleitkontakte erhalten, da alle 3 Gleitkontakte in bestimmter Weise miteinander mechanisch gekuppelt sind. Endlich gehört zur Wage noch ein an den Balken zu hängendes Gewicht G . Dieses ist gleich der Kraft, mit der eine Hängespule auf die zugehörige Standspule wirkt, wenn beide von der Stromstärke 1 Amp durchflossen werden.

Die Benutzung des Instrumentes zur Lösung der kubischen Gleichung: $a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_0 = 0$ geschieht folgendermaßen:

Nach Wahl einer passenden Längeneinheit hängt man die Spule s_1 so auf, daß ihr Hebelarm gleich dem Koeffizienten a_1 des linearen Gliedes ist. Entsprechend ergibt der Koeffizient a_2 des quadratischen Gliedes den Hebelarm für s_2 und der des kubischen Gliedes den Hebelarm für s_3 . Je nach dem Vorzeichen der Koeffizienten sind dabei die Spulen auf die rechte oder linke Seite des Balkens zu hängen. Die Standspulen werden genau unter die Hängespulen gesetzt. Durch Auflegen von Tariergewichten, deren Größe für das Folgende gleichgültig ist, wird der Balken ins Gleichgewicht gebracht. Nun hängt man das Gewicht G so auf, daß sein Hebelarm dem Freiglied a_0 entspricht. Dadurch wird das Gleichgewicht wieder gestört. Zum Schluß schaltet man die Batterie an und regelt an der gemeinsamen Einstellvorrichtung der Widerstände W_1, W_2, W_3 die Stromstärken für die Standspulen so, daß die Wage einspielt. Die durch die Standspule S_1 und den Widerstand W_1 fließende Stromstärke x wird an einem Amperemeter abgelesen und ergibt eine Wurzel der Gleichung. Die positiven reellen Wurzeln der Gleichung findet man, indem man alle 3 Spulenpaare auf Anziehung schaltet. Etwa vorhandene negative reelle Wurzeln findet man hinterher, indem man in den Standspulen S_1 und S_3 die Stromrichtung ändert, also diese Spulen auf Abstoßung schaltet.

Soweit ergibt sich die Konstruktion und die Handhabung der Wage aus der genannten Abhandlung. Leider wird nichts darüber gesagt, in welcher Weise die Gleitkontakte der Widerstände W_1, W_2, W_3 gekuppelt sind, um in den 3 Kreisen die Stromstärken x, x^2, x^3 zu liefern. Ich halte es für möglich, daß hier die Konstruktion von A. RUSSEL und A. WRIGHT (E. T. Z. 31, 739; 1910) angewendet worden ist.

Über die Genauigkeit des Verfahrens gibt der Verfasser an, daß er in der kubischen Gleichung $x^3 - 9x^2 + 23x - 15 = 0$ die Wurzel $x = 1$ auf 0,1% genau erhält. Ich möchte aber darauf hinweisen, daß der Fehler von dem Winkel abhängt, unter dem die Kurve dritten Grades die Abszissenachse schneidet und daß im vorliegenden Beispiel dieser Winkel groß ist, nämlich rund 83°. Mit Verkleinerung des Winkels nimmt die Größe des Fehlers rasch zu.

Es bleibt abzuwarten, wie weit der Apparat Eingang in die Praxis finden wird. Abgesehen von der Kosten- und Bedürfnisfrage wird das davon abhängen, ob er sich in der Arbeitsweise und in der Genauigkeit der Ergebnisse den graphischen

Methoden stark überlegen zeigt. Die graphischen Methoden sind für die Lösung der Gleichungen dritten Grades gut entwickelt, und ich möchte besonders auf die elegante Methode von W. ZABEL hinweisen, die dieser in der Z. f. angew. Mathematik u. Mechanik 1926, H. 4, veröffentlicht hat, die übrigens auch in dem Leitfaden der Mathematik von SCHÜLKE-DREETZ, Oberstufe § 16, dargestellt ist. Bei der Vervollkommnung der graphischen Methoden scheinen mir die Ausichten für eine Verbreitung der beschriebenen Gleichungswage nicht günstig. Auf jeden Fall ist sie aber ein sinnreich konstruierter Apparat, der das Interesse der Physiker und Mathematiker verdient.
P. Henckel.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Conrad Matschoss zum sechzigsten Geburtstage. Von HANS SCHIMANK in Hamburg.

Am 9. Juni 1931 sind sechzig Jahre vergangen, seitdem zu Neutomischel im damals preußischen Regierungsbezirk Posen CONRAD MATSCHOSS geboren wurde. Was diesen Mann aus der Zahl vieler anderen tüchtigen Ingenieure hervorhebt, ist der Weg, den er als geistige Persönlichkeit genommen hat und die starke und kulturell wertvolle Wirkung, die von seinem Schaffen ausgegangen ist.

MATSCHOSS war der erste, der die vielfältigen, aber vereinzelt Bestrebungen seiner Vorgänger und Zeitgenossen zur Erweckung des Verständnisses für eine Kulturgeschichte der Technik systematisch weitertrieb und organisatorisch zusammenzufassen wußte. Neben OSKAR V. MILLER ist er der Mann, dessen Wirksamkeit die Entstehung der großen technischen Museen vom Typus des Deutschen Museums in München zu verdanken ist. Denn schon in der Einleitung zu seiner im Jahre 1901 erschienenen „Geschichte der Dampfmaschine“ betonte er ausdrücklich: „Wenn es erst neben den zahlreichen Literatur- und Kunstgeschichten auch eine Technikgeschichte — wie ungewohnt klingt sogar das Wort uns noch — geben wird, dann werden auch die Verfasser unserer Welt- und Kulturgeschichten an den großen Taten der Ingenieure nicht mehr wie bisher stillschweigend vorbei- oder mit einigen Zeilen darüber hinweggehen können. Ja, es wird dann auch die Zeit kommen, wo in den Museen nicht nur die Werkzeuge der Stein- und Eisenzeit, sondern auch die geschichtlich denkwürdigen Erzeugnisse des Maschinenzeitalters Platz finden werden.“ Und wie OSKAR VON MILLER, der anderthalb Jahre nach der Niederschrift dieser Worte „einem kleinen Kreise von Gelehrten und Technikern, von Vertretern staatlicher und städtischer Behörden den Plan der Gründung eines Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik“ vorgelegt hatte, nun im Laufe der folgenden Jahrzehnte die Idee seines Technischen Museums großzügig verwirklichte, so führte parallel dazu MATSCHOSS seinen Werbefeldzug für die Bedeutung des geschichtlichen Verständnisses der Technik durch.

Hatte er in seiner eben erwähnten „Geschichte der Dampfmaschine“ für einen weiteren Kreis „ihre kulturelle Bedeutung, technische Entwicklung und ihre großen Männer“ geschildert, so ging er nun daran, im Auftrage des Vereins Deutscher Ingenieure „eine grundlegende, das ganze Gebiet bis zur neuesten Zeit umfassende Geschichte der Dampfmaschine . . . zu schaffen, die . . . ein möglichst vollständiges und naturwahres Bild vom Entwicklungsgang gerade in der neueren Zeit“ bot. Denn bis dahin war es, wie er zutreffend betonte, der Geschichte der Dampfmaschine ähnlich ergangen wie damals „dem Geschichtsunterricht an unseren höheren Schulen: sie konnte über Altertum und Mittelalter nicht bis zur Neuzeit kommen“.

So erschien im Verlage Julius Springer zu Berlin 1908 das große zweibändige Werk „Die Entwicklung der Dampfmaschine. Eine Geschichte der ortsfesten Dampfmaschine und der Lokomobile, der Schiffsmaschine und Lokomotive“. Für den Nichtingenieur mag vielleicht der zweite Band dieser unendlich reichhaltigen Monographie zu viel konstruktive Einzelheiten enthalten. Er ist aber durch die den Abschluß bildenden Übersichten über die Entwicklung der Dampfmaschinenteile, den Maschinenbaustil, die Entwicklung des Indikators und über die Entwicklung der technischen Wissenschaften und Literatur auch jetzt noch für den Unterricht in den exakten Naturwissenschaften von hohem Werte. Der erste Band hingegen enthält eine so reiche Fülle kulturgeschichtlicher Materials, daß es kaum eine Schule geben dürfte, deren Unterricht nicht durch gelegentliches Eingehen auf Abschnitte aus diesem Werke aufs schönste belebt und bereichert werden könnte.

Hatte MATSCHOSS in diesen beiden Werken durch weitgreifende eigene Untersuchungen gezeigt, wie eine quellenmäßig verlässliche technisch-geschichtliche Darstellung aussehen muß, so schuf er im darauffolgenden Jahre in den „Beiträgen zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereines Deutscher Ingenieure“ ein Sammelbecken für die gesamte technisch-geschichtliche Arbeit, die „erste regelmäßig erscheinende Veröffentlichung, die ausschließlich der geschichtlichen Forschung der Technik und

Industrie gewidmet ist“. Die Reihe dieser Jahrbücher ist inzwischen auf 20 Bände angewachsen, und wieviel Wertvolles sie enthalten, weiß jeder, der auch nur einen einzigen dieser Bände durchgeblättert hat. Es muß als ein besonderes Verdienst von CONRAD MATSCHOSS hervorgehoben werden, daß er durch Werbung von Mitarbeitern immer wieder neue Kräfte für die Geschichte der Technik zu gewinnen wußte. Wenn mancher, der sich in diesem Jahrbuch zum ersten Male auf dem Gebiete geschichtlicher Darstellung versuchte, Fehler beging, die der geschichtlich Erfahrenere leicht zu tadeln vermag, so kann dies doch oft geringfügig sein gegenüber dem positiven Wertzuwachs, der in der Gewinnung eines neuen Arbeiters auf dem noch zu wenig bestellten Gebiete technischer Geschichtsforschung liegt. Immer wieder finden wir auch MATSCHOSS selbst mit Beiträgen in seinem Jahrbuche vertreten, und gelegentlich versah er die Bände mit einem Vorwort. Gerade diese Einführungen sind es, die besondere Beachtung verdienen. Sie sind ohne Zweifel die verlässlichste Chronik, die es für den Fortschritt technisch geschichtlichen Verständnisses gibt, und wer etwa wissen will, wie stark der geistige Einfluß gewesen ist, der vom Deutschen Museum in München ausgegangen ist, wie diese besondere Ausprägung deutschen geistigen Schaffens auf die Welt gewirkt hat, der lese das kurze Vorwort „Technisch geschichtliche Arbeit“, das MATSCHOSS dem 16. Band seiner „Beiträge“ im Jahre 1926 voranstellte. Was seine zahlreichen sonstigen Veröffentlichungen betrifft, so wollen wir uns hier mit dem Hinweis auf seine 1916 erschienene Biographie „Werner Siemens, Lebensbild und Briefe“ begnügen.

Seit MATSCHOSS im Jahre 1916 zum Direktor des Vereins Deutscher Ingenieure gewählt wurde, hat die Fülle der Aufgaben, die an ihn herantraten, ständig zugenommen, und so ist ihm die Möglichkeit zur ruhigen wissenschaftlichen Arbeit immer stärker beschränkt worden. Er hat beinahe zwangsläufig — sofern man bei einer ausgeprägten Persönlichkeit überhaupt von Zwangsläufigkeit sprechen kann — den Weg vom Gelehrten zum Organisator gehen müssen. Der Dr. Ing. e. h. CONRAD MATSCHOSS stellt heute eines der wichtigsten Bindeglieder zwischen der Technik des Auslandes und der deutschen Technik dar. Er ist gleichsam der Geschäftsträger der Gesinnung deutschen Ingenieurschaffens in der Welt außerhalb der Grenzen unseres Vaterlandes, und dafür ist er gerade durch seine historische

Schulung gut vorgebildet. Denn alles historische Erkennen weitet den Blick und schafft Verständnis für fremde Denkkungsart, mag die Fremdheit auf räumlicher oder zeitlicher Trennung beruhen.

Vielleicht beweist nichts deutlicher das Ausmaß der Leistung, die wir MATSCHOSS auf dem Felde der Technikgeschichte verdanken, als die sehr heftigen persönlichen Angriffe, die bisweilen gegen ihn wie gegen das Deutsche Museum gerichtet worden sind. Die Erfolge der Arbeiten von MATSCHOSS und von OSKAR VON MILLER sind uns eben so selbstverständlich geworden, wir haben so sehr das fast völlige Nichts vergessen, aus dem sie geschaffen wurden, daß wir schon nur noch die Mängel sehen, die jeder ersten großen Schöpfung anhaften. Eine objektive Würdigung wird solche Fehler nicht verschweigen; sie wird in ihnen aber auch nicht mehr sehen als die Mängel, die jeder Leistung der Einzelpersonlichkeit anhaften. Wo bliebe auch sonst Raum für die, die das Werk fortsetzen wollen, das Männer wie MATSCHOSS und OSKAR VON MILLER begannen?

Wir wünschen darum dem Sechzigjährigen, daß er noch manchem Gelehrsamkeitskrämer zum Stein des Anstoßes werden und noch manchen heftigen Angriff gelassen überdauern möge. Denn gerade von CONRAD MATSCHOSS selbst gelten gewiß die Worte, mit denen er seine Betrachtungen „Vom Ingenieur, seinem Werden und seiner Arbeit in Deutschland“ im letzten Bande seiner „Beiträge“ schließt: „Wenn ein französischer großer Denker die Menschen in die beiden Klassen Optimisten und Pessimisten teilt und die Optimisten als die Akteure, die Pessimisten als die Zuschauer bezeichnet, dann wollen wir Ingenieure . . . uns als die geborenen Optimisten bezeichnen, die mit dem felsenfesten Glauben, daß der Menschheit noch eine Zukunft bevorsteht, an die Arbeit gehen. Wir lehnen die Weltuntergangsgefühle ab, . . . wir wollen in schöpferischem Gesamtwillen mit allen Völkern der Welt, die auf dem gleichen Boden stehen, mit allen Vertretern aller Berufe uns vereinen in der ethischen Zusammenfassung aller Kulturkräfte. In diesem Sinne wollen wir uns das Wort des deutschen Dichters und Ingenieurs MAX EYTH . . . als Leitwort gelten lassen, das er den Ingenieuren 1906 zurief:

Ihr werdet siegen, denn ihr kämpft für echte Befreiung, für die wahren Menschenrechte; Und euch zur Seite steht mit scharfsten Waffen Der Geist, der alles Irdische geschaffen.“

4. Unterricht und Methode.

Das Luftfahrtwesen im Schulunterricht. Bericht von F. RITZ in Berlin.

Die steigende Bedeutung der Luftfahrt hat dazu geführt, daß in erhöhtem Maße im Schulunterricht Fragen der Luftfahrt behandelt werden. An vielen Stellen haben sich freiwillige Arbeitsgemeinschaften zusammengefunden, die sich praktisch und theoretisch mit der Fliegerei befassen. Zur Behandlung der Luftfahrt eignen sich vor allem

die naturwissenschaftlichen Lehrgebiete und darin besonders der Physikunterricht. Schon lange werden hier und da zur Veranschaulichung des gebotenen theoretischen Stoffes Versuche durchgeführt und Messungen an selbstgebauten Windkanälen ausgeführt. Leider fehlte es bisher an geeigneter Literatur, um allen Schulen, die sich im Physikunterricht planmäßig mit der Luftfahrt befassen wollen, auch Unterlagen hierfür zu geben.

Im Auftrage des eingeschriebenen Vereins Deutscher Luftfahrtverband hat der Verlag C. J. E. Volckmann in Charlottenburg als Heft I einer Sammlung „Luftfahrt und Schule“ das Buch herausgebracht: Dr. K. SCHÜTT: Einführung in die Physik des Fliegens. Mit großem Fleiße sind aus den verschiedensten Quellen 36 Schauversuche zusammengetragen und dargestellt, um „den Schülern und Lehrern von Verkehrs-, Sport- und Segelflieferschulen, Gewerbe-, Volks- und höheren Schulen, ferner den Mitgliedern der Jungfliegergruppen und schließlich allen denen, die etwas über das Wesen des Menschenfluges wissen wollen“, eine in der Praxis brauchbare Einführung in die physikalischen Grundlagen der Fliegerei zu geben. Es ist dem Verfasser gelungen, die Probleme des Fliegens, soweit sie sich auf einfachere Gesetze der Physik aufbauen, dem Leser anschaulich näherzubringen. Theoretische Erwägungen haben aber bekanntlich bei der Jugend (besonders in freiwilligen Lehrgängen!) meist nur dann Aussicht, wohlwollend aufgenommen zu werden, wenn die Verbindung mit der Praxis, also die Brauchbarkeit im Leben augenscheinlich ist, oder wenn diese Verbindung in einleuchtender Form hergestellt wird. Auch der Verfasser des vorliegenden Buches hat dies erkannt und in beachtlichem Eifer in dieser Richtung weiterzukommen versucht, d. h. bei allen Versuchen werden die Anwendungen auf die Flugtechnik und die Folgerungen für die Flugtechnik berücksichtigt. Nun hat aber der Verfasser leider manche Ungenauigkeiten durchgehen lassen, die geeignet sind, falsche Vorstellungen zu wecken und zu festigen. Solche Punkte seien im folgenden herausgehoben mit dem Ziele, die Unstimmigkeiten auszugleichen, damit auch Lehrer, die nicht in der Lage sind, die flugtechnischen Gegebenheiten kritisch zu betrachten, das Buch gefahrlos benutzen können.

Vorausgeschickt sei eine allgemeine Bemerkung. Die Gliederung des Buches ist nicht immer übersichtlich, und es ist oft nicht leicht, aus dem gebotenen Stoff sich einen einheitlichen Überblick über das behandelte Gebiet zu verschaffen. Am auffälligsten ist diese Tatsache bei der „Erklärung des Auftriebs“. Es wird der Anschein erweckt, als ob jede der drei angeführten Erklärungsarten eine selbständige Entstehungsmöglichkeit für den Auftrieb darstelle. Für die Auftriebsentstehung werden nacheinander die folgenden Ursachen verantwortlich gemacht: 1. daß pro Zeiteinheit eine bestimmte Luftmenge vom Flügel nach abwärts beschleunigt wird, oder daß 2. auf der Oberseite ein geringerer und auf der Unterseite ein höherer statischer Druck herrscht als im ungestörten Luftstrom, oder daß schließlich 3. eine Zirkulation um den Flügel vorhanden ist.

In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse so: Wird ein Tragflügel durch die Luft bewegt bzw.

im Windkanal angeströmt, so entsteht ein ganz bestimmtes Strömungsbild, durch welches die Strömung um den Tragflügel charakterisiert ist. Man beobachtet dabei auf der Oberseite eine größere, auf der Unterseite eine geringere Strömungsgeschwindigkeit als im ungestörten Strom. Hieraus resultiert nach BERNOULLI auf der Oberseite ein statischer Unterdruck, auf der Unterseite ein statischer Überdruck gegenüber dem ungestörten Strom. Ferner ist der ganze Luftstrom — solange überhaupt Auftrieb erzeugt wird — hinter der Tragfläche nach unten abgelenkt, eine Tatsache, die im Strömungsbild enthalten ist und besonders bei der Betrachtung des induzierten Widerstands eine Rolle spielt. Das beobachtete Strömungsbild wird nun der Berechnung zugänglich, wenn man sich die vorhandene

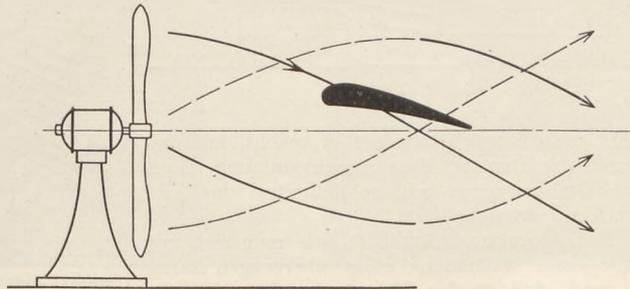


Fig. 1.

Strömung aus einer reinen Potentialströmung und einer Zirkulationsströmung um das Profil zusammengesetzt denkt. Diese Annahme ergibt bei der mathematischen Errechnung des theoretischen Auftriebs im gebräuchlichen Anstellwinkelbereich auch Werte, die befriedigend mit der praktischen Messung übereinstimmen. (Einer solchen Berechnung sind aber nur JOUKOWSKY-Profile zugänglich. Die meisten in der Praxis verwendeten Flügelschnitte sind aber keine JOUKOWSKY-Profile.)

Versuchsanordnungen und Versuche. Die vom Verfasser angegebenen Versuche sind gelegentlich nicht einwandfrei durchzuführen, wenn man nicht von vornherein die Fehlerquellen der Versuchsanordnung kennt. Da auch einige Versuche mit falschen Anordnungen durchgeführt werden — allerdings führen sie zum gewünschten Ergebnis — sei hier kurz auf die wesentlichsten Punkte eingegangen.

Zur Erzeugung eines Luftstroms, der für die Messungen geeignet sein soll, verwendet der Verfasser neben einem „Fön“ einen gewöhnlichen Ventilator und gibt der Hoffnung Ausdruck, daß die tatsächlich vorhandenen Verhältnisse beim Flug denen im Luftstrom des Ventilators doch „nicht ganz unähnlich sein werden“. Soweit dies auf die Unregelmäßigkeit in der Größe der Geschwindigkeit Bezug hat, mag es noch einigermaßen Berechtigung haben. Nimmt man sich jedoch einmal die Mühe, den vom Ventilator erzeugten Luftstrom seiner Struktur nach zu untersuchen, so bemerkt man bald, daß der

Ventilatorstrom ohne vorgesetzten Gleichrichter gerade für die Messungen, für die er vom Verfasser verwendet wird (Auftriebsmessungen), unbrauchbar ist, und zwar wegen der sogen. „Strahlrotation“. Bekanntlich fließt der Luftstrom, der von einem Propeller erzeugt wird,

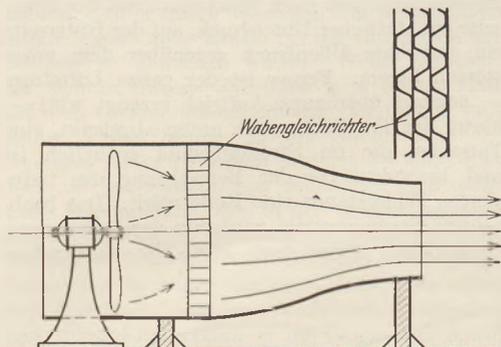


Fig. 2.

nicht geradlinig ab, sondern er macht, entsprechend der ihm erteilten Beschleunigung, noch eine Drehbewegung mit, so daß etwa das Bild der Fig. 1 entsteht.

Der Ablenkungswinkel ist, wie man sich mit Hilfe eines Wollfadens leicht überzeugen kann, so groß, daß er das Messungsergebnis bis zur Unkenntlichkeit verzerren kann. Bringt man z. B. an die oben skizzierte Stelle einen Tragflügelausschnitt, um etwa die Druckverteilung zu messen, so wird dieser unter einem stark

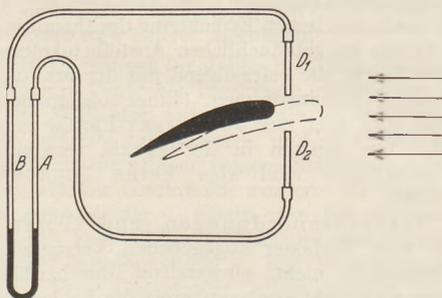


Fig. 3.

negativen Anstellwinkel angeblasen, trotzdem er gegenüber der Horizontalen positiv angestellt ist. In diesem Fall wird man auf der Oberseite Überdruck statt Unterdruck feststellen, auf der Unterseite Unterdruck statt Überdruck. Entsprechend dem stark negativen Anstellwinkel entsteht ein Abtrieb. Dagegen erreicht man mit einem vorgebauten Gleichrichter (Fig. 2) zwar kein homogenes Strömungsfeld, wohl aber einen weitgehend „rotationsfreien Strahl“, der z. B. nach einem von der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht angegebenen Verfahren auch die qualitative Messung einer Polare gestattet.

Eine zweite Ungenauigkeit, die allerdings das gewollte Messungsergebnis unterstützt und des-

halb vielleicht milde beurteilt werden wird, findet sich bei der Druckmessung. Es heißt auf S. 54 mit Beziehung auf die dort gegebene Abb. 34: „Ein Bunsenstativ trägt die beiden Glasröhre D_1 und D_2 , deren eine Seite durch Gummischläuche mit B bzw. A verbunden ist, die anderen waagrecht liegenden Öffnungen, die in kaum 2 cm Abstand senkrecht übereinanderstehen, dienen uns als Meßdüsen“ (Fig. 3). Dann wird die Tragfläche zwischen beide Röhren geschoben und der Druck auf Ober- und Unterseite gemessen. Bekanntlich könnte man aber nur dann mit dieser Anordnung einen statischen Druck messen, wenn die Öffnungen der Meßröhren zu den Stromlinien

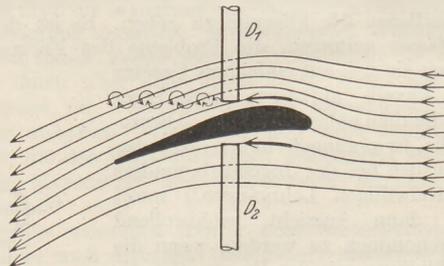


Fig. 4.

parallel lägen (und auch dann ist die Messung nicht einwandfrei infolge der sich ablösenden Wirbel). Bei der vom Verfasser gewählten Anordnung wird aber, wenn man sich nicht gerade auf die Profilmasse beschränken will, auf der Unterseite eine Komponente des Staudrucks mitgemessen, während auf der Oberseite infolge Wirbelbildung am Ende des Meßröhrens ein Unterdruck entsteht (Fig. 4). Nebenbei bemerkt ist bei der Geschwindigkeitsmessung mit Hilfe des Staurohrs (Fig. 5) noch ein Fehler unterlaufen. Der statische Druck in einem frei ausgeblasenen Strahl ist immer gleich dem Atmosphärendruck, da

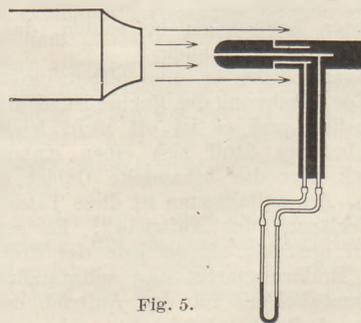


Fig. 5.

ein Druckunterschied zwischen Strahl und Atmosphäre sich ja sofort ausgleichen würde. (Die BERNOULLISCHE Gleichung gilt nämlich nur für den Verlauf einer bestimmten Strömung mit einer bestimmten Stromkonstante und nicht etwa für mehrere beliebige, voneinander getrennte Strömungen!). Es ist unverständlich, wie der Verfasser (auf S. 50) im frei ausgeblasenen Luftstrom einen statischen Unterdruck messen konnte.

Wird der Staudruckanschluß der Fig. 5 weglassen, so ergibt sich die Messung der Fig. 6.

Der POHLsche Stromlinienapparat ergibt, wie auch der Verfasser bemerkt, nur Bilder von „schleichenden Strömungen“, bei denen sich keine Wirbel ausbilden können. Die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit auf der Oberseite und ihre Verminderung auf der Unterseite wird an anderer Stelle des Buches auf die Tatsache zurückgeführt, daß der reinen Potentialströmung eine Zirkulation um das Profil überlagert sei. Eine Zirkulation kann aber bei schleichender Strömung überhaupt nicht entstehen. Auch geben die Stromlinienbilder im POHLschen Strömungsapparat deutlich die Potentialströmung wieder, die im Gegensatz zu der tatsächlichen Strömung um eine Tragfläche durch einen zweiten Staudruck gekennzeichnet ist (Fig. 7). Wenn im POHLschen Strömungsapparat nun tatsächlich ein Unterschied in der Strömungsgeschwindigkeit auf Ober- und Unterseite des Profils festgestellt wird, dann hat diese Tatsache mit der Auftriebsentstehung gar nichts zu tun und darf zu deren Erklärung nicht herangezogen werden.

Flugtechnisches. Bei der Übertragung von Modellmessungen auf die Wirklichkeit spielt die sogen. REYNOLDSSche Zahl eine große Rolle. Der Amerikaner O. REYNOLDS hat nämlich 1883 gefunden, daß eine absolut geometrisch ähnliche Strömung (und damit ähnliche Kräfte) nur dann entsteht, wenn die Größe $\frac{v \cdot l}{\nu}$, die man die REYNOLDSSche Zahl nennt, bei Modellversuch und Wirklichkeit dieselbe ist. (v = Geschwindigkeit in $\frac{m}{sec}$, l = Länge in m , ν = kinematische Zähigkeit). Der bekannte Faktor c_w , der Widerstandsbeiwert, kann also nicht mehr als konstant angesehen werden. Nun behauptet der Verfasser, daß Modellmessungen nur dann auf das auszuführende Flugzeug übertragbar seien, wenn die REYNOLDSSche Zahl in beiden Fällen die gleiche sei. Das bedeutet aber, daß Modellmessungen überhaupt sinnlos wären, denn bei diesen wird bekanntlich z. B. aus dem gemessenen Widerstand W (kg) der eben erwähnte sog. Widerstandsbeiwert c_w gewonnen, wofür

folgende Beziehung besteht: $c_w = \frac{W}{\frac{\gamma}{2g} \cdot v^2 \cdot F}$
(W = Widerstand in kg, γ = spez. Gewicht der Luft in $\frac{kg}{m^3}$, g = Erdbeschleunigung in $\frac{m}{sec^2}$, v =

Fluggeschwindigkeit in $\frac{m}{sec}$, F = Bezugsfläche in m^2 .) Man müßte ja dann für Flugzeuge, die bei Verwendung desselben Flügelschnittes mit verschiedener Geschwindigkeit fliegen sollen, die Modellmessung mit veränderter REYNOLDSScher Zahl jedesmal wiederholen. So ist es zum Glück nicht. Denn c_w ist als Funktion

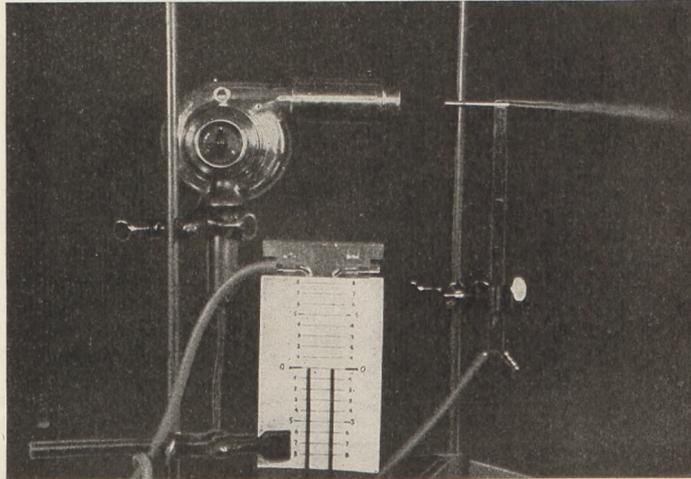


Fig. 6.

von v tatsächlich weitgehend konstant. Es ergibt sich etwa für einen beliebigen Körper die in Fig. 8 schematisch dargestellte Abhängigkeit. Liegen nun Modellmessung und Wirklichkeit innerhalb des Gebietes, wo $c_w = f(v) = const.$ ist, so ist die Modellmessung nach der Formel $W = c_w \cdot \frac{\gamma}{2g} \cdot v^2 \cdot F$ immer übertragbar, und das ist bei Flügelschnitten weitgehend besonders im Flugbereich der Fall.

Der induzierte Widerstand. Eine der interessantesten Fragen in der Flugtechnik ist die Behandlung des „Induzierten Widerstands“. Solange man gezwungen ist, Flügel von endlicher Spannweite zu benutzen, tritt er immer auf als

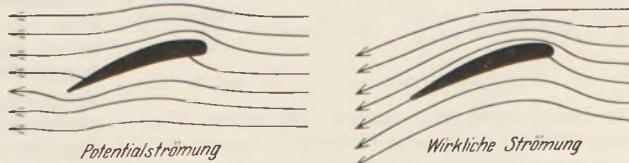


Fig. 7.

Folge der dynamischen Auftriebserzeugung. Und er ist nur bei Beförderungsmitteln, die auf dynamische Auftriebserzeugung angewiesen sind, anzutreffen. Der induzierte Widerstand (oder Randwiderstand) entsteht kurz gesagt dadurch, daß vom Flügel je Zeiteinheit immer eine bestimmte Menge Luft abwärts beschleunigt werden muß, um einen Auftriebsimpuls zu erzielen. An den

seitlichen Begrenzungen der Tragfläche weicht nun die Luft dieser erzwungenen Beschleunigung aus und bewegt sich nach oben. Es ergibt sich ein Umströmen der Tragflächenränder in Form der bekannten Randwirbel, die in dem Gebiet hinter dem Flügel bestehen bleiben und erst durch die Reibung langsam ihre kinetische Energie aufzehren. Je größer nun die in diesen wogeschwimmenden Wirbeln enthaltene Energie ist, um so größer ist auch der induzierte Widerstand. Der Ausgleich erfolgt um so intensiver, je heftiger die Abwärtsbeschleunigung ist, was ohne weiteres einleuchtet. Man betrachtet nun am besten ein gegebenes Flugzeug und fragt sich: „Wann wird der induzierte Widerstand größer, wann kleiner?“ Zunächst ist klar: Fliege ich mit derselben Geschwindigkeit und erhöhe das Gesamtgewicht des Flugzeugs, so wird der Widerstand vermutlich

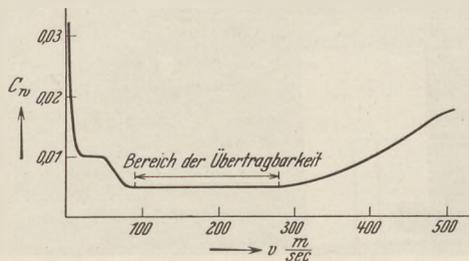


Fig. 8.

wachsen, weil ja ein größerer Auftrieb erzeugt werden muß und damit eine größere Abwärtsbeschleunigung der Luft. Kann ich aus irgendeinem Grunde schneller fliegen, dann wird der induzierte Widerstand kleiner werden, denn mein Flügel kann je Zeiteinheit eine größere Luftmenge erfassen und braucht dieser größeren Masse nur eine geringere Beschleunigung zu erteilen, um in derselben Zeiteinheit denselben Auftriebsimpuls zu erfahren. Genau so liegen die Verhältnisse, wenn es mir gelingt (bei gleichem Gewicht), Flügel von größerer Spannweite zu verwenden. Auf Grund der mathematisch-mechanischen Beziehungen ergibt sich für den induzierten Widerstand die Formel

$$W_i = \frac{A^2}{\pi \cdot q \cdot b^2},$$

(A = Auftrieb in kg, q = Staudruck in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$, $q = \frac{\gamma}{2g} \cdot v^2$, b = Spannweite in m). Es liegen hier alle Beziehungen klar zutage. Bei einem Flugzeug wird der induzierte Widerstand quadratisch kleiner mit Vergrößerung der Geschwindigkeit und der Spannweite, und er wächst quadratisch mit dem erforderlichen Auftrieb. (Man darf nie vergessen, daß beim Fliegen in horizontaler Richtung stets der Auftrieb gleich dem Gewicht sein muß.) Bei Besprechungen der flugtechnischen Fragen im Unterricht genügt durchaus diese Betrachtung des induzierten Widerstands als Kraft, Widerstandskraft in kg. Und dabei kommt das Seitenverhältnis gar nicht vor, weil es tatsächlich — unmittelbar — ohne Einfluß ist. Es tritt erst bei Bildung des

dimensionslosen Beiwerts C_{w_i} in Erscheinung, wozu aber selten, besonders nicht im Schulunterricht, Veranlassung gegeben ist. Hierauf hat auch schon G. LACHMANN in seinem Buch „Leichtflugzeugbau“ vor Jahren ausdrücklich hingewiesen. Der induzierte Widerstand wird in seiner flugtechnischen Bedeutung anscheinend selten erfaßt, und auch der Verfasser des in Rede stehenden Buches gibt sich redlich Mühe, die Lage dadurch zu verwickeln, daß er bei der Formel für den induzierten Widerstand durch verschiedene Umformungen schließlich die Beziehung erhält:

$$W_i = \frac{c_a \cdot A}{\pi} \cdot \frac{t}{b},$$

(t = Flügeltiefe, b = Flügelspannweite, $\frac{t}{b} = s$ = Seitenverhältnis). Solche Art der Darstellung führt dazu, daß einem gelegentlich Fragen gestellt werden, wie etwa die folgende: „Es wird doch, wenn ich an meinem Flugzeug die Flächen in ihrer Tiefe um $x\%$ stütze und damit das Seitenverhältnis verbessere, der induzierte Widerstand kleiner?“

Eng mit dem Fragenkomplex des induzierten Widerstands hängt das Problem des Leistungsbedarfs zusammen. Der Verfasser behauptet an verschiedenen Stellen, daß bei Vergrößerung der Geschwindigkeit der Leistungsbedarf des Flugzeugs mit der 3. Potenz wachse, weil

$$75 \cdot N \cdot \eta = W \cdot v;$$

$$75 \cdot N \cdot \eta = c_w \cdot \frac{\gamma}{2g} \cdot F \cdot v^2 \cdot v;$$

$$75 \cdot N \cdot \eta = c_w \cdot \frac{\gamma}{2g} \cdot F \cdot v^3.$$

(N = Motorleistung in PS, η = Propellerwirkungsgrad, c_w = Gesamtwiderstandsbeiwert, v = Fluggeschwindigkeit in $\frac{\text{m}}{\text{sec}}$).

Nun besteht aber der Gesamtwiderstand beim Flugzeug aus zwei Teilen, erstens aus den gesamten schädlichen Widerständen, die tatsächlich mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wachsen, zweitens aber aus dem induzierten Widerstand, der mit dem Quadrat der Geschwindigkeit kleiner wird. Das heißt, daß beim Flugzeug der Leistungsbedarf tatsächlich weniger wächst als mit der dritten Potenz der Geschwindigkeit. Man kann ebenso sagen: wenn man mit gleichem Anstellwinkel weiterfliegt, wächst auch der Auftrieb mit dem Quadrat der Fluggeschwindigkeit. Das hat der Verfasser zwar anscheinend erkannt (S. 64), aber nicht zu verwerten gewußt. Denn meist tritt doch das Problem so auf: Wie ändert sich der Leistungsbedarf eines Beförderungsmittels mit der Geschwindigkeit bei gleicher Zuladung bzw. gleichem Gesamtgewicht. Auf dieser Tatsache nämlich, daß größere Geschwindigkeiten möglich sind, ohne daß der Leistungsbedarf so stark wächst wie bei Luftschiffen, beruht so ziemlich die einzige Überlegenheit des Flugzeugs gegenüber dem Luftschiff im Verkehr auf langen Strecken.

Bei der Besprechung der Flugleistungen ist eine Unterlassung zu beanstanden. Auf S. 109 wird für die Berechnung der „Horizontalgeschwindigkeit“ die Formel (16) angegeben

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot 2 \cdot 1}{F \cdot \rho \cdot c_a}}$$

(G = Gesamtgewicht in kg, F = Flügelfläche in

m^2 , $\rho = \frac{\gamma}{g}$ = Luftdichte, $c_a =$

Auftriebsbeiwert), ohne darauf hinzuweisen, daß diese Formel zur Errechnung der Horizontalgeschwindigkeit im Motorflug absolut unbrauchbar ist. Das geht schon daraus hervor, daß in der angegebenen Beziehung die Motorleistung nicht vorkommt; der harmlose Leser muß glauben, daß ein Flugzeug schneller fliegt, wenn es stärker belastet wird. Die Diskussion der Horizontalgeschwindigkeit ist am anschaulichsten durchzuführen mit den graphischen Verfahren, die u. a. in der Fluglehre von R. v. MISER (Verlag Springer, Berlin) angegeben sind. Eindeutige analytische Beziehungen bestehen leider nicht.

Die Erläuterungen über die Wirkungsweise der Luftschraube sind für den Laien auch recht verwirrend gegeben. Zunächst ist dauernd abwechselnd vom Propeller am Stand, d. h. bei stillstehendem Flugzeug, und vom Propeller im Flug die Rede, so daß die tatsächlichen Beziehungen, die in beiden Fällen große Verschiedenheiten aufweisen, schwer herauszulesen sind. Dann aber — und darauf soll kurz eingegangen werden — wird die Beziehung zwischen Motorleistung und Propellerzug sehr unklar dargestellt. Der Verfasser schreibt auf S. 103 wörtlich: „Der Motor muß demnach beim Fluge außer dem Widerstand des Flugzeugs, der sich aus schädlichem und Tragflächenwiderstand zusammensetzt, noch den Widerstand, den die Schraube bei ihrer Bewegung durch die Luft findet, überwinden“ und 12 Zeilen weiter: „Von der Leistung, die die Schraube vom Motor empfängt, wird ein Teil zur Überwindung des Propellerwiderstandes verwendet und geht verloren, bei gutem Propeller 30 bis 40%, so daß 60 bis 70% in nutzbare Vortriebsarbeit umgesetzt werden.“ Diese Art der Darstellung muß doch beim Leser den Eindruck erwecken, als ob die am Motor zur Verfügung stehende Leistung geteilt würde (selbst wenn der Verfasser es anders gemeint haben sollte). Ein Teil würde dazu benutzt, die Luftschraube zu drehen, während der andere Teil irgendwie als Vortriebsleistung zur Verfügung stände. In Wirklichkeit wird aber die ganze zur Verfügung stehende Motorleistung dazu verwendet, den Propeller zu drehen. Man bekommt dann außerdem gewissermaßen umsonst einen Propellerzug. Es werde ein Propeller-element betrachtet (Fig. 9a u. b). Bei der Drehung wirkt auf dieses Element eine Luftkraft ΔL , die man sich in ΔW und ΔZ zerlegt denkt. Jede Größe ΔW , multipliziert mit dem zugehörigen Achsabstand x , stellt ein Drehmoment

$\Delta M = \Delta W \cdot x$ dar, welches der Drehung entgegenwirkt (Fig. 10). Die Summe dieser Momente, multipliziert mit der Winkelgeschwindigkeit, gibt die ganze zur Drehung aufzubringende Leistung

$$\Sigma \Delta W \cdot x \cdot \omega = L \left(\frac{m \text{ kg}}{\text{sec}} \right).$$

Diese Leistung hat der Motor aufzubringen.

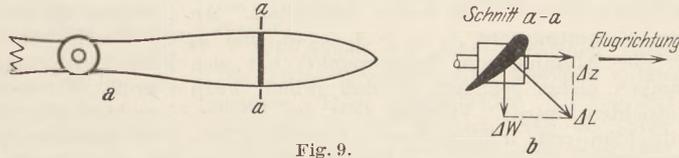


Fig. 9.

Die Summe aller Zugkräfte ist dann der Gesamtzug des Propellers $\Sigma \Delta Z = Z$ (kg).

Unter Wirkungsgrad der Luftschraube versteht man dann, wenn das Flugzeug mit der Geschwindigkeit $v \frac{m}{\text{sec}}$ fliegt, nach den bekannten Begriffen der Maschinenlehre:

$$\eta = \frac{\Sigma \Delta W \cdot x \cdot \omega}{v \cdot \Sigma \Delta Z} = \frac{L}{Z \cdot v}$$

Es sei zugegeben, daß diese Art der Darstellung für das Verständnis einige Denkarbeit und etwas

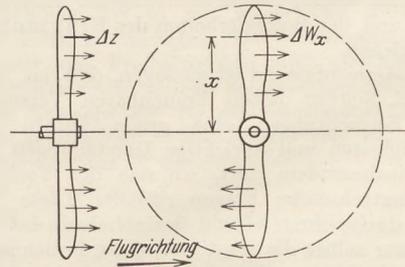


Fig. 10.

Vorstellungsvermögen erfordert. Aber daraus folgt nicht die Notwendigkeit, eine zwar einfache, aber abwegige Erklärung zu geben, woraus der nicht fachmännisch vorgebildete Leser falsche Schlüsse ziehen muß.

An vielen Stellen der jüngeren Literatur, soweit sie sich mit der Einführung in die Luftfahrtgrundlagen befaßt, findet sich ein Fehler,

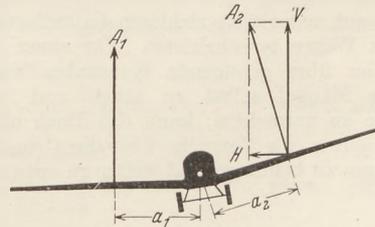


Fig. 11.

dem auch der Verfasser des vorliegenden Buches nicht entgeht. Es handelt sich um die Wirkung der V-Form zur Erzielung einer Querstabilität.

Über diese Zeichnung (Fig. 11) finden sich auf S. 96 folgende Angaben: „...dann ist V als

Kathete im rechtwinkligen Dreieck kleiner als A_2 , das gleich A_1 ist. Mithin richtet A_1 das Flugzeug auf. Die nach links wirkende Komponente H bringt das Flugzeug etwas nach links hin aus dem Kurs, wodurch das Wiederaufrichten aber nicht gestört wird.“ Es ist dem Verfasser entgangen, daß ja H ein linksdrehendes Moment um den Schwerpunkt hervorruft, welches das Wiederaufrichten nach rechts verhindert. An dem Gesamtmoment $A_1 \cdot a_1 + A_2 \cdot a_2$ (a_1 und a_2 ist der Abstand zum Schwerpunkt) hat sich nämlich nichts geändert, so daß primär kein Aufrichten eintritt. Vielmehr tritt das Wiederaufrichten erst infolge einer Anstellwinkelvergrößerung an der gesenkten Tragfläche ein, die ihren Grund im wesentlichen darin hat, daß die Horizontalkomponente H das Flugzeug zum (übrigens völlig ungefährlichen) Schieben bringt. Man kann sich von dieser Wirkung leicht an Hand von kleinen Papier-Anschauungsmodellen überzeugen.

Die Behandlung des Triebwerks kann in einem solchen Buch wie das vorliegende natürlich nur einen kleinen Raum finden. Die hier angegebenen Versuche — es handelt sich um Vorführung der Explosionspipette von M. ROSENFELD (vgl. diese Zeitschrift 37, 257; 1924) — wird aber kaum ein Lehrer zur Erläuterung der Wirkungsweise und der Besonderheiten des Flugmotors heranziehen.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß das Buch von K. SCHÜTT neben brauchbaren Versuchen und Betrachtungen eine große Anzahl Ungenauigkeiten und unrichtige Darstellungen enthält, insbesondere dort, wo sich der Verfasser auf flugtechnische Fragen einläßt. Diese Tatsache dürfte ihren Grund darin haben, daß der Verfasser selbst die flugtechnischen Beziehungen nicht überblicken konnte. Sie ist nicht etwa damit zu entschuldigen, daß zur methodischen Darstellung Vereinfachungen notwendig gewesen seien. Wenn man berücksichtigt, daß eine solche Veröffentlichung auf ihrem Gebiet als Quelle der Erkenntnis wirken und von Lesern benutzt werden soll, denen eine eigene Kritik aus Mangel an Fachkenntnissen unmöglich ist, so muß von diesem Buche verlangt werden, daß es auf Grund des Gebotenen dem Leser auch Weiterentwicklung und Weiterverarbeitung des Stoffes auf zuverlässigen richtigen Grundlagen und exakten Wegen gewährleistet. Für einen Leserkreis, der über genügende Kenntnisse verfügt, um die Mängel selbst zu sehen und falsche Schlüsse zu vermeiden, kann das Buch als Anregung gelten, die Versuche über die Grundlagen des Fluges zu benutzen und weiter zu entwickeln.

Elementare Herleitung der adiabatischen Zustandsgleichung (nach Poisson) auf Grund der kinetischen Gastheorie. Von FRITZ MONING in Bern.

Die folgenden Ausführungen sollen zeigen, wie es möglich ist, im Physikunterricht im Anschluß an die kinetische Gastheorie auf einfache Weise

das Gesetz von POISSON herzuleiten. Die dazu nötige Überlegung ist so einfach, daß der Schüler sie ohne weiteres überblicken dürfte, und wenn man ihm je von adiabatischen Zustandsänderungen der Gase spricht, wird er dankbar sein, eine bestimmte Vorstellung damit verknüpfen zu können.

Zur elementaren Lösung unserer Aufgabe wollen wir uns der vereinfachten Betrachtungsweise KRÖNIGS anschließen: Wir nehmen an, die Geschwindigkeit v aller Molekeln sei gleich groß. Wir denken uns ferner das Gas in einem rechteckigen Gefäß eingeschlossen und treffen die Annahme, je ein Drittel aller Molekeln bewege sich mit der Geschwindigkeit v in den Richtungen der Kanten des Gefäßes. Die Berechnung des Gasdrucks ergibt unter diesen Annahmen bekanntlich dasselbe Resultat, wie wenn man nach CLAUDIUS der gleichmäßigen Geschwindigkeitsverteilung nach allen Richtungen Rechnung trägt. Sogar unter Berücksichtigung der tatsächlich vorhandenen Geschwindigkeitsverteilung bleibt der Ausdruck derselbe, sofern man dann unter v^2 das mittlere Geschwindigkeitsquadrat versteht.

Das Gefäß enthalte 1 Mol Gas und besitze als Deckel einen beweglichen Kolben. Wir werden dann in unserer Betrachtung zunächst nur die sich zwischen Boden und Deckel auf und ab bewegendes Molekeln berücksichtigen, die ein Drittel der Gesamtzahl N ausmachen.

Die übliche Rechnung ergibt für die sekundliche Stoßzahl an dem Kolben:

$$S = \frac{N}{3} \cdot \frac{v}{2h} \dots \dots \dots (1)$$

und für den Gasdruck

$$pV = R \cdot T = \frac{2}{3} \cdot N \cdot \frac{m v^2}{2} \dots \dots \dots (2)$$

wobei S sekundliche Stoßzahl auf den Kolben, N Anzahl der Molekeln pro Mol, v Geschwindigkeit der Molekeln, m Masse einer Molekel, h lichte Höhe des Gefäßes, p Gasdruck, V Gasvolumen, T absolute Temperatur, R absolute Gaskonstante.

Beide Beziehungen (1) und (2) gelten sowohl für ein- als auch für mehratomige Gase. Immer

bedeutet dabei $E = \frac{m v^2}{2}$ die translatorische Energie einer Molekel. Nur diese ist maßgebend für die Temperatur, weil ja $T \sim \frac{m v^2}{2}$ aus (2).

Mit Hilfe der kinetischen Gastheorie können wir uns die Gasgesetze sehr anschaulich erklären: Denken wir uns z. B. bei gleicher Temperatur dieselbe Gasmasse in einem halb so großen Volumen untergebracht wie vorher, dann ergibt sich aus der Anschauung zwanglos, daß die sekundliche Stoßzahl und damit der Gasdruck jetzt verdoppelt sein muß. Aber ebenso leicht ist einzusehen, daß während des Zusammendrückens des Gases der bewegte Kolben nicht nur die Geschwindigkeitsrichtung der aufprallenden Molekeln umkehrt. Vielmehr müssen außerdem die auf den bewegten Kolben auftreffenden Molekeln einen Geschwindigkeitszuwachs erhalten,

welcher durch die Kolbengeschwindigkeit c bestimmt ist. Diese Geschwindigkeitszunahme wird sich als erhöhte Temperatur äußern müssen; denn die translatorische Energie der Molekeln ist vergrößert worden. Bei einer adiabatischen Zustandsänderung, wo diese zugeführte Energie aus irgendeinem Grunde nicht gleich wieder abfließen kann, müssen wir also den erwähnten Geschwindigkeitszuwachs berücksichtigen.

Nach den Gesetzen des elastischen Stoßes nimmt dann der absolute Betrag der Geschwindigkeit jeder aufprallenden Molekel um die doppelte Kolbengeschwindigkeit zu: $\Delta v = 2c$.

Lassen wir den Kolben sich während einer Zeit dt nach innen bewegen, so entsteht eine Volumenveränderung

$$dV = -q \cdot c \cdot dt \dots (3)$$

wo q der Querschnitt des Gefäßes ist.

Die Stoßzahl, die während der Zeit dt als konstant angesehen werden soll, ergibt sich aus (1) für dt Sekunden zu

$$S' = \frac{N}{3} \cdot \frac{v}{2h} \cdot dt.$$

Gleichung (3) eingesetzt gibt

$$S' = -\frac{N}{3} \cdot \frac{v}{2c} \cdot \frac{dV}{V} \dots (4)$$

als Stoßzahl während des Zeitelementes dt .

Jede der S' aufprallenden Molekeln mit der Masse m erfährt die Geschwindigkeitszunahme $2c$. Der Zuwachs der gesamten Bewegungsgröße ist also

$$I = S' m 2c = -\frac{N}{3} v \cdot \frac{dV}{V} m \dots (5)$$

Er erscheint bei gegebenen Ausgangsbedingungen nur noch abhängig von der Volumenänderung dV .

Unsere Aufgabe ist nun zu berechnen, um wieviel die Geschwindigkeit v jeder Molekel zunimmt. Zunächst sind nur S' Molekeln gestoßen worden. Aber diese werden im Innern des Gases durch Zusammenstoß ihre Geschwindigkeit mit den übrigen Molekeln ausgleichen, bis schließlich alle dieselbe Geschwindigkeit $v + dv$ haben. Die Bestimmung der Geschwindigkeitszunahme dv jeder Molekel ist besonders einfach für einatomige Gase, da diese nur Translationsenergie besitzen. Hier dürfen wir also die gesamte Zunahme der Bewegungsgröße I einfach auf alle Molekeln gleichmäßig verteilen:

$$-\frac{N}{3} v \frac{dV}{V} m = N m dv, \dots (5a)$$

$$\frac{dv}{v} = -\frac{1}{3} \frac{dV}{V} \dots (6)$$

Um nachher bei der Berechnung für mehratomige Molekeln den Satz von der Gleichverteilung der Energie unter alle Freiheitsgrade anwenden zu können¹, wollen wir die Gleichung (6) schon jetzt mit Hilfe der Energie ausdrücken. Es ist

$$\frac{1}{2} \frac{d\left(\frac{mv^2}{2}\right)}{mv^2} = -\frac{1}{3} \frac{dV}{V}$$

$$d. h. \quad dE = -\frac{2}{3} E \frac{dV}{V} \dots (6a)$$

wobei wir noch einmahl hervorheben, daß E die translatorische Energie einer Molekel bedeutet.

Wir wollen nun gleich versuchen, Gleichung (6a) auch für mehratomige Molekeln nutzbar zu machen. Diese unterscheiden sich von den einatomigen ja nur dadurch, daß sie außer den 3 Freiheitsgraden der Translation noch zwei oder drei solche der Rotation besitzen. Wir stellen uns aber vor, daß durch den Anprall an den Kolben die Rotation unmittelbar nicht verändert wird. Vielmehr wächst zunächst nur die translatorische Energie der Molekeln nach Gleichung (6a), und erst nachher wird im Innern des Gases (durch Zusammenprall der Molekeln unter sich) Energie auch an die Rotationsfreiheitsgrade abgegeben. Die im ganzen aufgenommene Energie berechnet sich demnach für ein- wie mehratomige Gase gleich zu $N dE$ (6a). Aber bei mehratomigen Gasen muß nun diese Energie nicht auf 3, sondern auf 5 oder 6 Freiheitsgrade verteilt werden, je nachdem wir es mit zwei- oder dreiatomigen Molekeln zu tun haben. Die Verteilung der Energie unter die Freiheitsgrade muß gleichmäßig geschehen. Also bleiben bei zweiatomigen Molekeln als Zuwachs dE für die translatorische Energie schließlich nur $\frac{3}{5}$ des Wertes von (6a), für dreiatomige nur $\frac{3}{6}$ übrig.

Wir erhalten:

für 1-atom. Mol. (3 Freiheitsgrade):	$dE = -\frac{2}{3} E \frac{dV}{V} \quad \text{oder} \quad \frac{dE}{E} = -\frac{2}{3} \frac{dV}{V}$
für 2-atom. Mol. (5 Freiheitsgrade):	$dE = \left(-\frac{2}{3} E \frac{dV}{V}\right) \frac{3}{5} \quad \frac{dE}{E} = -\frac{2}{5} \frac{dV}{V}$
für 3-atom. Mol. (6 Freiheitsgrade):	$dE = \left(-\frac{2}{3} E \frac{dV}{V}\right) \frac{3}{6} \quad \frac{dE}{E} = -\frac{2}{6} \frac{dV}{V}$

integriert ergibt

1-atom. Mol.:	$\ln E = -\frac{2}{3} \ln V + C \quad \text{oder} \quad E^3 V^2 = \text{konst.}$
2-atom. Mol.:	$\ln E = -\frac{2}{5} \ln V + C \quad E^5 V^2 = \text{konst.}$
3-atom. Mol.:	$\ln E = -\frac{2}{6} \ln V + C \quad E^6 V^2 = \text{konst.}$

Gleichung (2) gilt allgemein. Wir setzen sie in der Form

$$E = p \cdot V \cdot \text{konst.}$$

in (8) ein:

$$1\text{-atom. Mol. } p^3 \cdot V^5 = \text{konst.}$$

$$2\text{-atom. Mol. } p^5 \cdot V^7 = \text{konst.}$$

$$3\text{-atom. Mol. } p^6 \cdot V^4 = \text{konst.}$$

¹ Die vorliegende Betrachtung sieht somit von den nur von der Quantentheorie erfaßbaren Abweichungen ab.

oder allgemein

$$p \cdot V \gamma = \text{konst.}$$

$$\text{wo } \gamma = 1,66 \text{ für 1-atom. Mol.}$$

$$= 1,40 \text{ für 2-atom. Mol.}$$

$$= 1,33 \text{ für 3-atom. Mol.}$$

Falls man sich auf die Behandlung einatomiger Gase beschränken will, genügt auch die Herleitung

der Formel (6), welche in Verbindung mit Formel (2) ohne weiteres die Poissonsche Gleichung ergibt.

Zum Schluß möchte ich noch Herrn Professor Dr. H. GREINACHER für manche Anregung während der Ausführung der vorliegenden Arbeit meinen besten Dank aussprechen.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Lehrbuch der Physik für den Gebrauch an höheren technischen Lehranstalten, zugleich Nachschlagebuch. Von FRANZ KÖRNER. 5. umgearbeitete Auflage. 2. Teil. Licht, Wärme, Magnetismus, Elektrizität. Bearbeitet von K. TREVEN. 246 Seiten mit 303 Abbildungen und 166 Aufgaben. Leipzig und Wien 1930, Franz Deuticke. Geb. RM 7.60.

Dieser 2. Teil umgeht in dieser Bearbeitung mathematische Herleitungen und bringt den ganzen Stoff in knapper Darstellung, die wohl kaum für den Unterricht an höheren technischen Lehranstalten genügen mag. Die sehr kurzen Hinweise auf die modernen Forschungsergebnisse, wie z. B. auf die BOHRsche Atomtheorie auf S. 34, werden wohl nicht zum Verständnis des Dargebotenen führen können. Die „Vermeidung entbehrlicher Fremdwörter“ ist reichlich weit getrieben; Verdeutschungen wie „Erdgleicher“ (für Äquator), „Brennpunktangel“ (für Astigmatismus), „Schloch“ (für Pupille) muten doch etwas komisch an, andere wie „Wärmemesser“ (für Thermometer) können sogar irreführend sein. Auch von Druckfehlern ist das Buch nicht frei, z. B. ist 1 Angströmeinheit = 0,1 (nicht 10) Millimikron = 10^{-7} (nicht 10^{-6}) mm. Einzelnen Kapiteln sind besondere „Aufgaben“ als Rechenübungen beigegeben. Auf Übungen nimmt das Buch keine Rücksicht. *A. Wenzel.*

Leitfaden der Physik. Von H. BOHN, neubearbeitet in Verbindung mit WILH. KOELLE. Unterstufe: Ausgabe B (ohne chemischen Anhang). 15. Auflage. 211 S. mit 284 Abb. und einer Spektraltafel. Leipzig 1929, Verlag Quelle und Meyer. Oberstufe. 9. durchgesehene Auflage. 496 S. mit 450 Abb. im Text und 4 Tafeln. Leipzig 1930. Verlag Quelle u. Meyer.

Die vorliegende Unterstufe geht in der Behandlung der Erscheinungen stets vom Versuch aus, nimmt allerdings auf Schülerübungen nicht direkt Rücksicht, sondern gibt eine Darstellung der Physik nach altgewohnter Methode in systematischer Anordnung. Darin liegt ein Vorzug des Buches, denn einmal vermeidet es Vorschriften für Schülerübungen, die das Vorhandensein bestimmter Geräte voraussetzen und leicht in Kochbuchrezepte ausarten, wenn sie zu einem Lehrbuch verarbeitet sind; dann aber läßt es auch dem Lehrer freie Hand in der Auswahl und Anordnung des Lehrstoffes. In der Sprache und in der Verwendung der Mathematik ist das Buch der Fassungskraft der Tertianer angepaßt, nur scheint die Verwendung der Sinus-

funktion im Brechungsgesetz (S. 183) doch das Niveau der Obertertia und selbst der Untersekunda im ersten Halbjahr zu übersteigen. Die Unterstufe ist gut brauchbar.

In der Oberstufe fallen die wörtlichen Wiederholungen aus der Unterstufe, z. B. bei der Wetterkunde, auf (§ 73 und 74 der Unterstufe und § 84 und 85 der Oberstufe; ebenso § 76 der Unterstufe und § 88 der Oberstufe); auch die Figuren sind zum Teil dieselben. Der an Stelle von Achromasie gebrauchte Ausdruck „Farbenreinheit“ scheint doch nicht glücklich zu sein, er gibt leicht zu Verwechslung mit der Farbenreinheit in der Farbenlehre Anlaß. Soll achromatisch verdeutscht werden, so kann man vielleicht „farbenfrei“ dafür setzen. Die galvanischen Elemente sind eingehend behandelt. Ist aber die Bedeutung des Chromsäure-, des Daniell- und Krügerelements heute noch so groß, daß dagegen der heute weitverbreitete Akkumulator so kurz abgetan werden kann, wie es hier geschehen ist? Bei der Thermoelktrizität vermißt man eine Würdigung der modernen elektrischen Thermometer (Pyrometer). Den WAGNERSchen Hammer kann man in der Unterstufe genug abtun, ebenso das Unterbrechungsrad, um dafür ohne Erweiterung des Umfangs moderne Dinge wie z. B. die Röntgenröhren mit Glühkathoden und in einem Kapitel die Farbenlehre zu schildern. Auch erscheint es dem Ref. angebracht, das Kapitel, das die LAUESCHE Entdeckung bringt, ausführlich zu behandeln. Was hier S. 402 von der „Lehre“ der Kristallographie gesagt wird, war doch nur BRAVAIS' Hypothese, und das Bild (Abb. 405) vom Steinsalzkrystall hat man erst auf Grund der LAUE-Diagramme entworfen. Es wäre auch zu begrüßen, wenn die Zeichnung S. 402, Abb. 406 (Beugungsbild der Röntgenstrahlen) durch ein wirkliches LAUE-Diagramm ersetzt würde. Von den Abbildungen sind wohl einige überflüssig, weil die Gegenstände zu bekannt sind, z. B. 341 und 400. Auch Abb. 177 (Entstehung einer Stimmgabel) kann fortbleiben, denn niemand wird sich die Entstehung anders denken. Technisch besser könnten die Abb. 157, 158, 160, 161, 333 und 334 sein. Die Spektraltafeln geben, wie man es leider oft sieht, das rote Ende des Spektrums viel zu hell wieder.

Angehängt ist ein astronomischer Teil, der zwar teilweise recht elementar gehalten, sonst aber brauchbar ist. Ein paar Bilder, wie z. B. großes astronomisches Fernrohr, Nebel u. dgl. könnten das Ganze noch besser illustrieren, wie es viele Worte zu tun vermögen. Im Anhang sind zunächst 224 Übungsaufgaben zur rechnerischen

Verwendung der behandelten Gesetze gegeben. Dann folgt eine Erläuterung einiger im Leitfaden vorkommender Fremdwörter, die sehr zu begrüßen ist, sowie kurze Angaben über eine Reihe im Leitfaden genannten Physiker, worin allerdings die Namen LAUE, BOHR und PLANCK vermißt werden. A. Wenzel.

Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 11. Auflage, 1. Band, erster Teil: **Mechanik punktförmiger Massen und starrer Körper.** Herausgegeben von ERICH WAETZMANN. 860 S. mit 673 Figuren im Text. Zweiter Teil: **Elastizität und Mechanik der Flüssigkeiten und Gase.** Herausgegeben von ERICH WAETZMANN. 408 S. mit 398 Figuren im Text und auf 2 Tafeln. Braunschweig 1929. Fr. Vieweg u. Sohn, A.-G. Beide Teile zusammen geh. R.M. 75.—, geb. R.M. 82.—.

Mit diesen beiden Teilbänden liegt nun auch die Mechanik dieses Standardwerkes in völlig neuer Bearbeitung vor, die sich von der früheren schon äußerlich durch Vermehrung des Umfangs unterscheidet. An die Spitze des ganzen Werkes ist eine erkenntnistheoretische „Einleitung in die Physik“ aus der Feder von G. MIE gesetzt. Damit kommt das Buch dem in den letzten Jahren stark gewachsenen Interesse an den Grundlagen der Physik entgegen. Diese 70 Seiten umfassende Einleitung ist aber auch geeignet, dem nicht so sehr an der erkenntnistheoretischen Seite Interessierten die notwendige Einsicht zu verschaffen und einer philosophischen Vertiefung den Boden zu ebnen. Von den allgemeinen Grundlagen behandelt dann zunächst G. BERNDT „Maß und Messen (Längen, Massen, Zeiten)“. Hier führt er uns unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit der Sinnesorgane und der möglichen Fehler u. a. die Apparate vor, die die Technik zur Messung und zur Kontrolle von Längenmaßen, von Winkelmaßen, zur Messung der Massen und zur Zeitmessung ersonnen hat. Dann führt H. DIESSELHORST in das System der physikalischen Formeln ein, in die Maßsysteme und Dimensionen. Aus der Gesamtmechanik besonders herausgehoben sind die NEWTONSchen Axiome (von E. MADELUNG und W. THOMAS †), womit ihre besondere Bedeutung für die ganze Mechanik gekennzeichnet ist. Die „Mechanik der festen Körper“ leitet W. DIESSELHORST ein mit der Mechanik punktförmiger Massen, die vom Gleichgewicht der Kräfte, freien Fall und Wurf zu den allgemeinen Sätzen über die Bewegung eines materiellen Punktes und von Punktsystemen führt. Die allgemeine Schwingungslehre, Relativbewegung und Trägheitskräfte, Gravitation und Schwere schließen sich an. Die „Mechanik der starren Körper“ (von W. HORT) bringt die ebene Bewegung des starren Körpers und das Gleichgewicht der starren Körper in der Ebene. Dann folgen die Mechanik der Waage und die einfachen Maschinen. Die Dynamik der starren Körper schließt dieses Kapitel ab. Herausgenommen und gesondert behandelt von M. SCHULER ist die Kreisellehre in Theorie und Anwendungen. Dabei erstrecken sich diese letzteren sowohl auf die Kreisellehre in der Astronomie und Geophysik

wie auch auf die Kreiselercheinungen in Natur und Technik. Schließlich ist auch der mannigfachen technischen Ausnutzung der Kreiselkräfte ausführlich gedacht, ein Kapitel, das in der hier vorliegenden Darstellung in gleichem Maße den Techniker wie auch den Physiklehrer interessieren muß. Hiermit schließt der erste Teil des ersten Bandes ab.

Der zweite Teil des ersten Bandes enthält die „Elastizität und Mechanik der Flüssigkeiten und Gase“. Er beginnt mit einem Kapitel über die „Mechanik der nichtstarrten Körper“ von TH. PÖSCHL, der auch die Reibung fester Körper bearbeitet hat. In dem Kapitel über den „mechanischen Aufbau des festen Körpers in atomistischer Betrachtung“ bringt P. P. EWALD eine Einführung und einen Überblick über die modernen Struktur Forschungen. Diese gesonderte Behandlung, die natürlich nicht ganz elementar gehalten ist, ist mit Rücksicht auf die vielen Arbeiten aus der modernen Strukturforschung ganz besonders zu begrüßen, da ohne Kenntnis dieser Struktureigenschaften ein Verständnis der modernen Forschungsergebnisse auf diesem Gebiete nicht möglich ist. Die Mechanik der flüssigen und gasförmigen Körper entwickelt L. PRANDTL ausführlich in den Kapiteln über Gleichgewicht von Flüssigkeiten und Gasen und über die strömende Bewegung derselben. Hieran schließt sich ein kurzer Abschnitt über die Methoden zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes und der Dichte (von H. SENFTLEBEN). Sonderausführungen über Luftpumpen und Apparate zur Druckmessung (Manometer und Barometer) (von H. SENFTLEBEN) beschließen diesen Band. Dieses letzte Kapitel wird heute bei vielen Physiklehrern besonderes Interesse finden, da es in die Vakuum- und Hochvakuumtechnik, die in der heutigen Physik eine große Rolle spielen, sehr gut einführt. Ein gutes Register beschließt beide Teilbände.

Der Tendenz des Werkes entsprechend ist die gesamte Darstellung im besten Sinne echt wissenschaftlich und doch populär. Das Buch vermag trefflich die Studierenden in die Physik einzuführen, aber auch dem erfahrenen Physiklehrer wird es oft als sehr zuverlässiges Nachschlagewerk dienen können. Die Theorie ist durchweg elementar gehalten; nur wo diese elementare Darstellung versagt oder gar zu schleppend wirkt, ist von den Elementen der höheren Analysis Gebrauch gemacht, doch bleibt die Darstellung auch dann fast durchweg einem Abiturienten völlig verständlich. Überall tritt aber die Versuchsanordnung und das Ergebnis in den Vordergrund. Schon aus diesem Grunde, aber auch seiner ganzen methodischen Einstellung wegen ist es so recht geeignet für den Physiklehrer, doch ist es auch dem Nichtphysiker zum Studium zu empfehlen, denn schwierigere theoretische Ableitungen und spezielle Erörterungen, die durch Kleindruck kenntlich sind, können von ihm ohne Einbuße an Verständnis überschlagen werden.

Von der „Mechanik der nichtstarrten Körper“ von TH. PÖSCHL ist ein Sonderdruck zum Preise von 3.20 RM erschienen. A. Wenzel.

Einführung in die Mechanik und Akustik von R. W. POHL. 250 S. mit 440 Abbildungen. Berlin 1930. Verlag von Julius Springer. Geb. 15,80 RM.

Wie schon die „Einführung in die Elektrizitätslehre“ zeigt auch dieses Buch dem Hochschulphysikunterricht neue Wege. Viel herkömmlicher Ballast, nicht nur die von POHL selbst im Vorwort genannte „Unterteilung des Meters in 1000 mm, die Kolbenpumpe, das Aussehen eines Grammophons“, ist hier ausgemerzt, um das Wesentliche besser herausarbeiten zu können. Der zünftige Physiker wird in dieser „Einführung“ die Statik vermissen. Denn über die Längen- und Zeitmessung hinweg wird der Leser gleich zur Kinetik, den Grundsätzen der Dynamik usw. geführt. Nur die Statik der Flüssigkeiten und Gase ist gesondert behandelt. Im übrigen bringt diese „Mechanik“ Pendelschwingungen und Zentralbewegungen, Gewicht und Massenanziehung, Hilfsbegriffe (Arbeit, Energie, Impuls), Drehbewegung fester Körper, beschleunigte Bezugssysteme und Bewegungen in Flüssigkeiten und Gasen. Aus dieser Angabe der Überschriften der größeren Abschnitte ersieht der Leser, was in dieser Darstellung alles fortgelassen ist. Die Eigenart des Buches bezieht sich aber ebensowohl, wenn nicht noch mehr darauf, wie die behandelten Gegenstände dargeboten werden. Hier ist auch sehr viel von der herkömmlichen Vorlesungstechnik verlassen und sind mit großem Nutzen neue Wege eingeschlagen, die mehr Lebensnähe besitzen als die früheren, denn sie nehmen auf das heutige Leben Rücksicht. Dabei treten überall die grundlegenden Experimente in den Vordergrund der Darstellung, die zur Klärung der Begriffe dienen. Wie in der „Elektrizitätslehre“ ist auch hier in der Mechanik bezüglich der Vorlesungsapparate der Verfasser zum Teil eigene Wege gegangen. Von den interessanten Neuschöpfungen bringt die Firma Spindler & Hoyer, G. m. b. H. Göttingen, einige auf den Markt, wie z. B. den Drehstuhl mit allen Nebenapparaten, die hydraulische Kuppelung u. a. m. Auch die drehbaren kleinen Experimentiertische seien hier erwähnt, die POHL an Stelle des alten, großen, festen Tisches benutzt und die für viele Demonstrationen vorteilhaft verwendet werden können.

Die Akustik bringt in den beiden Hauptabschnitten „Schwingungslehre“ und „Wellen und Strahlung“ den allgemeinen Formalismus der Entstehung von Schwingungen und der Ausbreitung von Wellen. Dabei greift der Inhalt dieser „Akustik“ weit über das hinaus, was man sonst als Lehre vom Ton zu bezeichnen pflegt. POHL gibt hier den gesamten Unterbau der allgemeinen Schwingungs- und Wellenlehre. Es fehlt aber z. B. der Aufbau der Tonsysteme sowie das meiste von dem, was Vokal- und Instrumentaltöne betrifft. Diese Einzelheiten werden zum Teil als bekannt vorausgesetzt; also auch hier im Teile „Akustik“ ein eigener Weg!

Daß R. W. POHL den Hochschulphysikunterricht in eine neue Form gießt, ist sehr zu begrüßen, denn die üblichen Vorlesungen bewegten sich selbst bei sonst sehr originellen Köpfen doch

immer in etwas ausgetretenen, verhärteten Gleisen. Vieles von dem, was POHL in seinen vorliegenden Vorlesungen fortläßt, kann und muß als bekannt bei dem jungen Studenten vorausgesetzt werden. Ihn beschäftigen heute ganz andere Fachprobleme als den Studenten vom Ende des vorigen Jahrhunderts, auf dessen Wissensmaße sich doch ein gut Teil der bisherigen physikalischen Vorlesungen bezog. Mit pädagogischem Geschick arbeitet jetzt POHL die Grundlagen der modernen physikalischen Probleme heraus, die jeder Student zum Studium der modernen Physik unbedingt gebraucht. Auch wir Physiker an mittleren und höheren Schulen können aus diesem Buch sehr viel lernen, besonders aus den interessanten technischen Einzelheiten vielerlei Anregungen entnehmen. Wir können auch daraus entnehmen, daß man vieles aus der früheren Physik ohne Schaden in dem Kursus der Fortgeschrittenen fortlassen kann, um auch hier, in der Oberstufe, Wesentliches besser herausarbeiten zu können. Warnen möchte ich aber dringend davor, nun den Physikunterricht an höheren Schulen, wöglichst gar in der Unterstufe, wie man es schon nach der „Elektrizitätslehre“ von R. W. POHL erleben kann, nach diesen Hochschulvorlesungen einrichten zu wollen. Denn einmal haben wir alle Schüler zu fördern, nicht nur physikalisch interessierte, begabte und gut vorgebildete; sodann sollen wir auch bei den späteren Physikstudenten erst die Grundlagen legen, auf denen die Pohl'schen Vorlesungen aufbauen wollen. Im Schulunterricht müssen wir manches von dem, was POHL fortläßt und auch als Hochschullehrer fortlassen kann, gründlichst bearbeiten. Aber durchstudieren muß jeder Physiker diese „Einführung“ Pohl's auch schon wegen ihrer Neuartigkeit in der Behandlung der Erscheinungen. In dem Bestreben, alles so klar wie möglich zu machen, bringt er in geeigneten Fällen Akustisches in optischer Analogie, Mechanisches in elektrischer und Optisches in mechanischer Analogie, eine Methode, die das Interesse an dem Dargebotenen nicht unwesentlich hebt. Wie gesagt, ein wertvolles Buch im wahrsten Sinne des Wortes, aus dem jeder Physiker großen Nutzen und viele Anregungen schöpfen wird. *A. Wenzel.*

Einführung in die Theorie der Wärme. Zum Gebrauch bei Vorträgen sowie zum Selbstunterricht. Von Dr. MAX PLANCK, Professor der theoretischen Physik an der Universität Berlin. 251 S. mit 7 Figuren. Leipzig 1930. Verlag von S. Hirzel. Geh. 8,— RM., geb. 10,— RM.

Mit diesem Buch erscheint der fünfte und letzte Band der PLANCK'schen Einführung in die theoretische Physik. Damit ist ein Werk vollendet, das mehr als eine bloße „Einführung“ ist. Denn es umfaßt alle Gebiete und steht auch in methodischer und didaktischer Hinsicht auf einer Höhe, die nur von wenigen Büchern dieser Art erreicht wird. Der vorliegende Band behandelt die Thermodynamik, die Wärmeleitung, Wärmestrahlung und im Schlußkapitel die Atomistik und die Quantentheorie. Dabei sind aber der

erste und dritte Teil nicht identisch mit den gleichnamigen Werken des Verfassers, die vor Jahren gesondert erschienen sind, sondern sie ergänzen sich wechselseitig, wie PLANCK im Vorwort betont. „Denn wenn auch naturgemäß die Überlegungen allgemeinerer Art hier an entsprechender Stelle in ähnlicher Form wiederkehren, so sind doch die Erläuterungen und die Anwendungen im einzelnen dort in der Regel viel weiter durchgeführt und enthalten manches, was in diesem Buche mit Rücksicht auf den beschränkten Raum nicht mit aufgenommen werden konnte, während dafür auf der anderen Seite der Zusammenhang der verschiedenen Theorien, besonders der Thermodynamik mit der Atomistik und der Quantentheorie hier deutlicher und vollständiger zum Ausdruck“ kommt (aus dem Vorwort). Am Schlusse des Buches findet sich eine alphabetische Zusammenstellung aller darin gegebenen Definitionen und wichtigeren Sätze, die jeder Leser mit Dank begrüßen wird. Das Werk zu empfehlen, ist nicht nötig. Für seinen Wert bürgt der Name des Verfassers. Jeder, der das Glück hatte, PLANCK selbst im Kolleg zu hören, wird es mit großem Genuß lesen, und wer das nicht konnte, sollte erst recht diese Darstellung der theoretischen Physik studieren. Sie wird noch lange Zeit modern sein in ihrer mustergültigen, klaren Darstellungsweise. *A. Wenzel.*

Strömungswiderstand und Wärmeübergang in Röhren. Von R. HERMANN und TH. BURBACH. Mit einführendem Vorwort von L. SCHILLER, Prof. an der Universität Leipzig. Leipzig 1930. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 88 Seiten, 16 Abb. Kart. RM 7,80.

Das Buch behandelt die Ausführung und Auswertung zweier Versuchsarbeiten. Der erste Teil von R. HERMANN befaßt sich mit dem Strömungswiderstand in Röhren. Nach einer theoretischen Einführung und Umreißung der Problemstellung folgt die Beschreibung der Versuchsanlage. Daraufhin werden die Meßmethoden der Geschwindigkeit und des Druckabfalls im einzelnen beschrieben. Es zeigt sich, daß schon eine einfache Druckmessung an einem durchströmten Rohr nicht ganz eindeutig ist, da sie von der Weite der abgezweigten Meßrohre abhängt. Die möglichen Fehler bzw. die Fehlergrenzen werden genau untersucht und umrissen. Besonders sorgfältig wird der sog. Anlauffeffekt untersucht, der darin besteht, daß erst nach einer gewissen Rohrlänge ein stationärer Zustand erreicht wird. In einer Zahlentafel werden die gewonnenen Versuchsergebnisse zusammengefaßt. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß seiner Ansicht nach die Genauigkeit seiner Messungen etwa 2 bis 3 mal so groß ist wie diejenige der bisher angestellten Untersuchungen über diesen Gegenstand.

Im zweiten Teil des Buches folgt eine Untersuchung und Beschreibung von Versuchen über den Wärmeübergang in Röhren. Diese Versuchsarbeit paßt insofern sinngemäß zu der zuerst beschriebenen, als sich theoretisch nachweisen

läßt, daß der Wärmeübergang den gleichen Gesetzen folgt wie turbulente Strömungen. Im ersten Kapitel werden diese Zusammenhänge theoretisch untersucht. Das nächste Kapitel bringt die experimentellen Untersuchungen, Beschreibung der Versuchsanordnung, der Versuche selbst, Meßgenauigkeitsgrenzen usw. in der üblichen Weise. Der Verfasser vergleicht seine Versuchsergebnisse mit den theoretischen Untersuchungen von NUSSELT aus dem Jahre 1910 und findet eine hinreichende Anlehnung an die theoretisch zu erwartenden Ergebnisse. Seine Versuche liefern in graphischer Darstellung eine Kurve, deren beide Äste sich zwei theoretisch zu erwartenden Grenzgeraden annähernd anschmiegen. Es folgen noch Vergleiche mit Formeln von PRANDTL und BLASIUS. Im großen ganzen wird durch die Messungen des Verfassers die NUSSELTsche Theorie bestätigt. Für den turbulenten Strömungszustand wird eine neue Gleichung für den Wärmeübergang bei großer Anlaufänge abgeleitet. *O. Holm.*

Verstärkermeßtechnik. Instrumente und Methoden. Von M. VON ARDENNE. 225 Seiten, 246 Textabbildungen. Berlin 1929. Julius Springer. Preis geb. RM 24.—.

Die Vervollkommnung der Apparate zur Empfangsverstärkung machte dringend die Ausbildung von Meßmethoden nötig, mit deren Hilfe man die erzielten Ergebnisse beschreiben und festhalten konnte. Theorie und Praxis mußten Hand in Hand gehen, um eine immer genauer werdende Kontrolle über das Arbeiten der einzelnen Stufen von mehrgliedrigen Empfangsapparaten auszuüben. Die Meßtechnik der Verstärker hat gerade in den letzten Jahren einen außerordentlichen Aufschwung genommen, wovon zahlreiche Veröffentlichungen Zeugnis ablegen. Die vorliegende Arbeit stellt sich die Aufgabe, die wertvollen Vorschläge und Untersuchungen, die in der Literatur zerstreut sind, sowie die wirklich ausgeführten Meßanordnungen kritisch zusammenzustellen und für die praktische Anwendung bequem zugänglich zu machen.

Der Inhalt gliedert sich in 3 Teile. Im 1. Abschnitt sind die Instrumente und Hilfsgeräte für Verstärkungsmessungen, im nächsten die Methoden zu solchen Messungen und im letzten die auftretenden Fehlerquellen und die Mittel zu ihrer Vermeidung behandelt. Die vielen verschiedenen Hilfsmittel, die zur Untersuchung von Verstärkungen gehören, wie Meßsummer, Tonfrequenz- und Hochfrequenzgeneratoren, ohne und mit Modulation, Spannungsteiler verschiedener Art, Galvanometer, Oszillographen und vor allem das zur genauen Ermittlung kleiner Wechselspannungen wichtige Röhrenvoltmeter in seinen verschiedenen Konstruktionen, werden einer eingehenden, die neuesten Fortschritte berücksichtigenden Betrachtung unterzogen. Der Verf. hat an der Verbesserung dieses Röhrenfeinmeßgeräts selbst mitgearbeitet; es findet in der eigentlichen Verstärkermeßtechnik, aber auch bei verwandten Aufgaben, wie der Bestimmung von

Feldstärken, Dekrementen und Modulationen, vielseitigste Verwendung.

Der Schulphysiker, der geneigt ist, sich selbst aus käuflichen Apparaten Meßanordnungen für das sehr interessante Gebiet der Übertragung und Veränderung elektromagnetischer Schwingungen und der Ermittlung der grundlegenden Größen zusammenzubauen, findet in dem Buche sehr viele nützliche Hinweise und in den guten Abbildungen Anhalte über die Abmessungen und Anordnung, sowie über die sehr wichtige Abschätzung der Apparateile. Allen Bastlern, die die Röhre zu Meßzwecken benutzen wollen, sei diese Verstärkermeßtechnik bestens empfohlen.

Nickel.

Experimentierbuch für den Unterricht in der Naturlehre. Von Dr. KARL ROSENBERG. Erster Band. 5. Auflage. Leipzig 1929. Verlag G. Freytag A.-G. Preis brosch. RM 13.50, geb. RM 15.—

Schon die Tatsache allein, daß bereits eine 5. Auflage erforderlich wurde, beweist, welcher Wertschätzung sich das Experimentierbuch erfreut. Den rühmenden Worten, die HERMANN HAHN bei seiner Besprechung der 2. Auflage in dieser Zeitschrift (23. Jahrgang, S. 57) diesem Werke ROSENBERGS widmet, ist nichts hinzuzufügen. Hier hat ein erfahrener Lehrer, der sich mit aller Gründlichkeit in seine Wissenschaft vertieft hat, sein Wissen und Können ausgebreitet, damit andere daraus Nutzen ziehen. Das Buch wird jedem jungen Lehrer, der sich in die Kunst des Experimentierens einarbeiten will, ein zuverlässiger Führer sein; aber auch der erfahrene Lehrer findet in ihm eine Fülle von Anregungen.

Die 5. Auflage weist verhältnismäßig nur wenige Veränderungen und Zusätze auf. Daß die Angaben über Firmen infolgedessen einige Unstimmigkeiten enthalten, ist ganz natürlich, aber belanglos, da die Fabrikation von irgendwelchen gangbaren Apparatetypen einer eingegangenen Firma dann von einer anderen übernommen wurde. Preisangaben können selbstverständlich nur als Anhaltspunkte bei irgendwelchen Kalkulationen gewertet werden.

Dem Buche muß man im Interesse des experimentellen Ausbaus des physikalischen und chemischen Unterrichts weiteste Verbreitung wünschen; in keiner naturwissenschaftlichen Bücherei dürfte es fehlen. *Steindel.*

Statik. Von Dr. Ing. FERD. SCHLEICHER, Privatdozent an der Technischen Hochschule Karlsruhe. I. Teil: Die Grundlagen der Statik starrer Körper. Mit 47 Abbildungen. 143 S. Sammlung GÖSCHEN, Bd. 178. Berlin und Leipzig 1930. Walter de Gruyter & Co. Preis in Leinen geb. 1,80 RM.

Der Verfasser geht bei der Behandlung des durch den Titel gekennzeichneten Gebietes von der Rechnung mit Vektoren aus, setzt also eine gewisse Kenntnis der Vektoranalysis voraus. Dem auf diesem Gebiet nicht bewanderten Leser wird das Studium des Bändchens durch kurze Angabe von Definitionen usw. erleichtert. Abgesehen von

der eingangs gegebenen Vektordarstellung werden die Grundgesetze für das Gleichgewicht der Kräfte, Kräftegruppen, Kräftepaare usw. in der üblichen Darstellung gegeben. Im allgemeinen ist diese anschaulich und elementar, so daß der Zweck der kleinen Bände der Sammlung GÖSCHEN, eine schnelle Einarbeitung zu ermöglichen und einen kurzen Einblick in das betreffende Gebiet zu geben, erreicht wird. Der Stoff ist in sieben Hauptkapitel gegliedert. Auf eine allgemeine Einleitung folgt ein Kapitel über Kräfte mit gemeinsamem Angriffspunkt. Dann folgt die Behandlung der zeichnerischen Zusammensetzung von Kräften in der Ebene, die in verschiedenen Punkten eines starren Körpers angreifen. Das vierte Kapitel behandelt Kräftepaar und Moment, zwei durchaus zu unterscheidende Begriffe! Dann kommt im 5. Kapitel der Kräfteersatz, schließlich im 6. Kapitel das Prinzip der virtuellen Arbeiten und endlich im letztem Abschnitt noch eine Zusammenstellung der Bedingungen des Gleichgewichts und ihre verschiedenen Arten der Darstellung. Das Buch erfüllt seinen Zweck und kann empfohlen werden. *O. Holm.*

Elektrische Meßmethoden und Meßinstrumente.

Ein Hilfsbuch zum Gebrauch bei einfachen elektrischen Arbeiten im Laboratorium. Von Dr. SIEGFRIED VALENTINER, ordentl. Professor der Physik an der Bergakademie Clausthal. 152 S. mit 110 Abb. Braunschweig 1930. Verlag v. Friedr. Vieweg u. Sohn, Akt.-Ges. (Die Wissenschaft, Bd. 82.) Geh. 10,20 RM., geb. 12,— RM.

Nach Darlegung der Einheiten werden zunächst nach Art eines Repetitoriums die Grundbegriffe und Definitionen aus der Elektrizität und dem Magnetismus kurz behandelt, auf die im zweiten Teil, der der Messung elektrischer und magnetischer Größen gewidmet ist, Bezug genommen werden muß. Wenn man bedenkt, daß das Buch für Studenten der Physik und Chemie bei ihren Arbeiten im Laboratorium sowie für Ingenieure im Werkslaboratorium geschrieben ist, dürfte manches in diesem ersten Teile überflüssig sein. In einem Industrielaboratorium wird man kaum ein Daniellelement finden, und der Akkumulator muß den Benutzern dieses Buches bekannt sein. Ob die MAXWELLSchen Gleichungen in diesem Leitfaden für praktische Meßtechnik nötig und wertvoll sind, mag auch fraglich erscheinen. Der zweite Teil behandelt in 4 Abschnitten dann die Messung im Gleichstromkreis, im magnetischen Kreis, im Wechselstromkreis und im elektrischen Schwingungskreis. Dabei sind die Weicheisen- und Dreheiseninstrumente, die in der Praxis weite Verbreitung gefunden haben, zu knapp (5 Zeilen!) behandelt. Ein kurzes Eingehen auf ihre Gleichstrom- und Wechselstromeigenschaften wäre am Platze. Auch ein Hinweis auf die heute oft geübten Messungen mit der WHEATSTONESchen Brücke nach der Ausschlagsmethode, wie sie z. B. bei Bolometermessungen u. a. häufig verwendet werden, wäre ratsam. Aber trotz dieser kleinen Mängel wird das Buch dem Nichtfachphysiker doch gute Dienste leisten.

Auch der zum Physikunterricht gezwungene Nichtphysiker wird daraus manche Belehrung ziehen können.

A. Wenzel.

Elektrisches Fernsehen. Von Dr. ARTHUR KORN, Professor an der Technischen Hochschule Berlin. VIII, 103 S. mit 19 Textabb. Berlin 1930. Verlag von Otto Salle. (Mathematisch-naturwissenschaftlich-technische Bücherei, Band 26.) Geb. 3,— RM.

Das Problem des Fernsehens ist praktisch noch nicht restlos gelöst, wenn man darunter die Aufgabe versteht, einen Gegenstand einem entfernten Beobachter durch elektrische Übertragung sichtbar zu machen in natürlicher Größe und mit der Feinheit der Kinobilder. Es sind aber schon ganz hervorragende Ansätze vorhanden, die kennen zu lernen unsere Schüler sehr interessiert. Hierzu kann das vorliegende Büchlein von dem bekannten Bahnbrecher der Bildtelegraphie recht gute Dienste leisten. Doch wäre eine reichere Ausgestaltung mit konstruktiven Einzelheiten, die die Jugend stets fesseln und auch für den Radiobastler großes Interesse haben, zu begrüßen gewesen. Das Büchlein gehört in jede Schülerbücherei der Oberklassen.

A. Wenzel.

Physikalische Aufgabensammlung. Von G. MAHLER †. Mit den Resultaten. Neubearbeitet von K. MAHLER. Vierte, verbesserte Auflage. 136 S. Sammlung GÖSCHEN. Band 243. Berlin u. Leipzig 1930. Verlag von W. de Gruyter & Co. Geb. 1,80 RM.

In dieser Neuauflage ist die Zahl der Aufgaben nicht vermehrt. Dagegen sind eine Reihe von Aufgaben in ihren Zahlenwerten der Wirklichkeit mehr angepaßt. Viele Textverbesserungen sind vorgenommen und auch schwierigere Aufgaben besonders aus der Mechanik und Elektrizitätslehre eingereiht, die zum Teil der Reifeprüfung an Oberrealschulen entstammen. Als Anwendungen aus der Physik werden manche Aufgaben auch dem mathematischen Unterricht gute Dienste leisten können.

A. Wenzel.

Deutsche Wirtschaftskunde. Ein Abriß der deutschen Reichsstatistik. Bearbeitet im Statistischen Reichsamt. Berlin 1930, Verlag R. Hobbing. XI + 400 Seiten. Ganzleinen RM 2,80.

Die jetzt erschienene Deutsche Wirtschaftskunde ist als volkswirtschaftlich-statistisches Lesebuch gedacht. Wort, Zahl und Bild sind in glücklicher Weise vereint, um ein Wirklichkeitsbild Deutschlands zu geben. Als handliches Nachschlagebuch gibt die Wirtschaftskunde zunächst Auskunft über Gebiet und Bevölkerung, Landwirtschaft, Industrie, Handwerk, Handel und Verkehr Deutschlands; in der zweiten Hälfte des Buches werden behandelt Geld- und Finanzwesen, Preise, Löhne, Volkswohlfahrt u. ä. Besonders wertvoll ist für die Benutzung in Schulen und durch Schüler der gemeinverständliche Text, der wohl mehr als die Hälfte der Druckseiten des Buches füllt. Das Buch ist demnach ein sehr gutes Hilfsmittel für die staatsbürgerliche Belehrung

unserer Jugend. Aber auch den Lehrer in den Naturwissenschaften wird es schnell und sicher, textlich und mit übersichtlichen Zahlenangaben unterrichten, z. B. über die energiewirtschaftlichen Grundlagen, den Bergbau, die Landwirtschaft u. ä. Die chemische Industrie (Ausfuhrüberschuß 1928 rund 1 Milliarde RM!) ist allerdings auf $1\frac{1}{2}$ Seiten zu kurz und zu wenig gegliedert behandelt. Weit verbreitet in Schullehrbüchern sind die klaren Schaubilder des Statistischen Reichsamts, von denen Proben auch in dieser Zeitschrift mehrfach nachgedruckt worden sind; eine Auswahl von 78 Schaubildern vervollständigt die sehr preiswerte, gediegen ausgestattete Deutsche Wirtschaftskunde.

F. Hofmann.

Physik und Chemie im Haushalt. Von Dr. MARIA WATERKAMP und Dr. AGNES ALBERS. (ASCHENDORFFS naturwissenschaftliche Arbeitshefte.) Münster in Westfalen 1929, Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung. 25 Abbildungen und 6 Tafeln. 62 Seiten. Kart. RM 0,95.

Das kleine Heft beschäftigt sich mit der Anwendung von Physik und Chemie im modernen Haushalt und ist besonders für Mädchenschulen gedacht. Wasser, Gas, Elektrizität und Kohle bilden infolgedessen die ersten Kapitel und werden der Physik zugeteilt, während die Chemie in die Abschnitte „Grundlagen der Ernährung“ und „Fragen der Reinigung“ aufgeteilt ist. Für die Schule bietet das Heft herzlich wenig, denn von Physik und Chemie ist bei dem sehr allgemein gehaltenen Text kaum die Rede, worüber auch einige eingestreute Formeln, z. B. die des Zuckers, nicht hinwegzutäuschen vermögen. Aber der Hausfrau, die nie etwas von den Naturwissenschaften gehört hat, gibt es einen kleinen Einblick und vor allem praktische Verhaltensmaßregeln.

Isberg.

Lehrbuch der Chemie für Gymnasien, Lyzeen und verwandte Anstalten. Von Dr. E. NOLDA und Prof. A. SCHNEIDER. 105 Seiten. Leipzig 1926, Quelle & Meyer. Geb. RM 2,40.

Das in zweiter Auflage für die Unterstufe erschienene Lehrbuch ist methodisch glänzend aufgebaut und basiert auf Schülerversuchen, die möglichst einfach gehalten sind. Dabei ist es so kurz wie möglich gefaßt und in Stoff wie in den Versuchen gut ausgewählt. Besondere Berücksichtigung findet die volkswirtschaftliche Seite der Chemie, wie aus der großen Reihe der Tabellen hervorgeht. Das Buch ist ein vorzüglicher Wegweiser zum chemischen Arbeitsunterricht.

Isberg.

Lehrbuch der Chemie mit Einführung in die Mineralogie und Geologie. Von Prof. Dr. R. SCHETTLER, auf Grund der neuen preußischen Richtlinien neu bearbeitet von Dr. E. JOHN. Leipzig 1929, Quelle und Meyer. 1 farbige und 12 schwarze Tafeln. 327 Seiten. Geb. RM 5,60.

Das für die Untersekunden von Realschulen und Lyzeen, sowie ähnliche Anstalten geschriebene Lehrbuch weist einen beträchtlichen Umfang auf

und überläßt die Auswahl dem Lehrer. Der Verfasser betont, daß es unmöglich ist, den Stoff in einem Jahr durchzuarbeiten, geschweige denn zu erarbeiten. Bei der Fülle des Gebotenen wird die Auswahl aber nicht immer ganz leicht fallen. Als Einteilungsprinzip sind die chemischen Vorgänge gewählt, während man auf systematische Vollständigkeit verzichtet hat. So finden wir Kapitel über Verbrennung, Verhüttung, Lösung, Atom und Molekül, Vorgänge im Pflanzenkörper, chemische Vorgänge im Körper des Menschen und der Tiere, Gärung, technische Gewinnung und Verarbeitung einiger Stoffe, Kreislauf der Stoffe, Entstehung und Verwandlung der chemischen Energie und ein Kapitel „Aus der Mineralogie und Geologie“. Es scheint mir aber nicht gelungen zu sein, durch diese Einteilung eine methodische, zwanglose Anordnung des Stoffes zu bieten.

Das Buch betont in erster Linie die technische, wirtschaftliche und kulturelle Bedeutung der Chemie und ihre Stellung im allgemeinen Naturgeschehen, während dagegen, für eine Unterstufe mit Recht, der theoretische Teil stark zurücktritt. Zur Biologie, Gesundheitslehre, Physik und den anderen Nachbargebieten sind häufig Beziehungen geknüpft, aber in der organischen Chemie und selbst im theoretischen Teil geht der Verfasser doch oft über das Ziel der Mittelstufe hinaus. Der Unterricht ist auf zahlreiche gut beschriebene Versuche aufgebaut, die durch Abbildungen weiter verdeutlicht werden. Zwischen Lehrer- und Schülerversuchen ist aber nicht unterschieden worden, so daß mir manche Versuche, die ohne Vorsichtsmaßnahmen angegeben sind, in der Hand der Schüler nicht ganz ungefährlich erscheinen. Auf kleine sachliche Mängel braucht kaum hingewiesen zu werden. Gelingt es dem Lehrer, die geeignete Auswahl zu treffen und sich sehr stark zu beschränken, so ist das Lehrbuch bei seiner leicht faßlichen Darstellung, durch die die Wissenschaftlichkeit aber nicht leidet, im Unterricht sicher nützlich zu verwenden.

Isberg.

Lehrbuch der Chemie. Von Dr. E. NOLDA und M. DIETZEL. 155 Seiten. Leipzig 1929, Quelle & Meyer. Geb. RM 2,50.

Das vorliegende Lehrbuch ist die Oberstufe des oben besprochenen Lehrbuchs von NOLDA-SCHNEIDER und wie dieses für höhere Mädchen- und Frauenschulen bestimmt, deren Forderungen und Stundenzahl es sich anpaßt. Dadurch erklärt sich die starke Beschränkung des Stoffes, durch die alles fortgelassen wird, was nicht für die Hauswirtschaft, die Technik und die Volkswirtschaft oder für den Unterricht unmittelbares Interesse besitzt. Leider ist in der Oberstufe auch der vorzügliche methodische Aufbau der Unterstufe verlassen worden, um an dessen Stelle einen systematischen Aufbau zu setzen. In dem Bestreben, das Buch von der Unterstufe unabhängig zu gestalten, sind die wichtigsten Ergebnisse auf den ersten 2 $\frac{1}{2}$ Seiten noch einmal zusammengefaßt. Dabei ist der Rahmen reichlich

eng gesteckt; denn die Begriffe Atom und Molekül bedürfen meines Erachtens einer Erweiterung, das Gesetz der multiplen Proportionen wird neu ohne einen Versuch hineingebracht, und mit der Aufzählung von Namen und Formeln der in der Unterstufe behandelten Salze, Basen und Säuren wird für den Unterricht wenig gewonnen.

Die einzelnen Elemente und Verbindungen werden dann in üblicher Folge behandelt, der Gebrauch der Formeln von vornherein aus der Unterstufe übernommen, aber wichtige neue Kapitel hineingearbeitet. Auch dabei ist eine gewisse Dürtigkeit festzustellen. Die Ionentheorie wird auf Prüfung der Leitfähigkeit aufgebaut, beim Massenwirkungsgesetz wird dessen mathematische Formulierung als über den Rahmen des Buches hinausgehend abgelehnt und auch einige praktische Kapitel, z. B. das über Düngemittel, hätten etwas eingehender dargestellt werden können. Ein Nachteil scheint es mir zu sein, das periodische System ganz an den Schluß zu setzen, da man dann keine Möglichkeit mehr hat, sich dieses Einteilungsprinzips fruchtbringend zu bedienen. Die Verfasser haben auch die Molekulargewichtsbestimmung an das Ende gestellt, so daß die Gase das ganze Buch hindurch in den Formeln einatomig erscheinen.

Die organische Chemie ist in üblicher Weise aufgebaut. Auch hier spürt man überall die weise Beschränkung in Stoff und Formeln. Beispielsweise finden wir bei den Farbstoffen und Eiweißkörpern keine einzige Formel. Aber dennoch ist alles Wichtige vorhanden unter Bevorzugung der im Haushalt am häufigsten vorkommenden Verbindungen, was in dem Kapitel über die wichtigsten Nahrungsmittel besonders zum Ausdruck kommt. Die am Schluß auf einer Seite zusammengestellte Übersicht über die Mineralien halte ich für verfehlt.

Für Schulen, deren Stundenzahl in der Chemie sehr beschränkt ist, wird das Buch, das sich stark auf Schülerversuche aufbaut und sich dabei auf möglichst einfache Apparaturen beschränkt, sehr brauchbar sein.

Isberg.

Anorganische Chemie. Ein Lehrbuch zum Weiterstudium und zum Handgebrauch. Von Dr. FRITZ EPHRAIM, Prof. an der Universität Bern. 4. vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 81 Abbildungen und 4 Tafeln. 809 Seiten. Dresden 1929, Theodor Steinkopf. Geh. RM 28,—; geb. RM 30,—.

Trotz seines verhältnismäßig jugendlichen Alters zählt das Lehrbuch von EPHRAIM zu den Standardwerken der Chemiestudierenden, der berufstätigen Chemiker, Mineralogen und Ingenieure und sollte auch in den chemischen Handbüchereien der Schulen nicht fehlen. Die Vorzüge des Werkes liegen darin, daß durch die Voraussetzung der chemischen Grundlagen eine gänzlich neue Anordnung des Stoffes möglich wird, die die sinngemäßen Zusammenhänge im Gegensatz zu der sonst meist üblichen lexikalischen Anordnung stark in den Vordergrund stellt. Durch das Knüpfen logischer Zusammenhänge wird es trotz

des ansehnlichen Umfangs möglich, das Gedächtnis zu entlasten. Da Vertrautheit mit den Grundtatsachen vorausgesetzt wird, ist es möglich, die allgemeinen Einteilungsprinzipien und Gesichtspunkte, wie das periodische System, das Massenwirkungsgesetz, die elektrolytische Dissoziation, die Phasenregel und die WERNERSche Koordinationslehre, von der Theorie der Atome und Moleküle gar nicht zu reden, so früh zu bringen, daß sie der gesamten Behandlung des Stoffes nutzbar gemacht werden und diese erleichtern können. So kann ein umfangreicherer Stoff als in anderen Lehrbüchern geboten werden, ohne daß deren Umfang und die Schwierigkeit der Erarbeitung wesentlich überschritten wird. Dazu trägt auch die Art der Darstellung, die ausführlich und leicht verständlich ist, stark bei. Ziemlich dürftig ist dagegen das Bildmaterial, das sich im wesentlichen auf Diagramme beschränkt und bei dem Umfang des Buches weit zahlreicher sein könnte. Hervorzuheben ist noch, daß auch die Überleitung zu Spezialstudien durch eine beschränkte Auswahl in Angaben von Originalliteratur gewahrt bleibt.

Die neue, 4. Auflage unterscheidet sich in ihrer Anlage nicht von den vorangehenden. Sie ist aber in manchen Teilen ganz umgearbeitet und bringt die Forschungsergebnisse der letzten Jahre auf dem Gebiet des Atom- und Molekülbaus, die geradezu die Grundlagen unserer Wissenschaft umgestalten, sowie die in den letzten Jahren neu entdeckten Elemente und Verbindungen. Gerade diesen aktuellen Fragen hat der Verfasser besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Die ungewöhnliche Art der Registrierung ist beibehalten worden, sie scheint sich also bewährt zu haben.

Der umfangreiche Stoff ist systematisch angeordnet und noch erweitert worden, ohne daß die Seitenzahl des Werkes stark zugenommen hat. Das Buch ist nach dem Grundsatz des Verfassers: „Nach wie vor muß die Kenntnis der ‚Körper‘, das Handwerkliche und Konkrete, die Grundlage der chemischen Bildung bleiben“, angelegt, und so kommt es, daß rein theoretische Kapitel, die technologische Chemie und ihre volkswirtschaftliche Bedeutung, die Geschichte und die Beziehungen der Chemie zu ihren Nachbarwissenschaften mit Ausnahme zur Physik sehr kurz behandelt, gewissermaßen nebenbei eingeflochten sind.

Durch die praktische Anordnung des Stoffes, die mehr auf Verständnis als auf Wissen eingestellt ist, durch den reichen Inhalt, der auch das Modernste berücksichtigt, durch die klare, leicht faßliche Darstellung und durch den vielfachen Hinweis auf Originalliteratur ist der EPHRAIM wohl das beste Lehrbuch und kleine Nachschlagewerk für Fortgeschrittene, das wir in der anorganischen Chemie zur Zeit besitzen. *Isberg.*

Anorganische und allgemeine Chemie in Frage und Antwort. Von Dr. ABEL-FISCHER. 107 Seiten. Berlin 1930, Siegfried Seemann.

Das Hefchen stellt ein Repetitorium für Mediziner zum Staatsexamen dar, geht aber in seinem Stoff über das dort geforderte Wissen ziemlich

hinaus. Trotzdem der Verfasser in der Einleitung behauptet, die Fragen so zu formulieren, daß nicht Tatsachenwissen allein, sondern auch logische Zusammenhänge berücksichtigt werden, ist er doch dem Fehler der Aufzählung von Verbindungen und Formeln nicht entgangen. Das ist bei der Anlage des Büchleins auch kaum anders zu erwarten. Auf jeder Seite stehen links vom Strich die Fragen, rechts die Antworten, so daß die Anregung zu eigenem Nachdenken fehlt. Leider finden sich in der Zusammenstellung auch eine ganze Reihe von Fehlern, besonders in den Formeln, die aber wohl zum größten Teil als Druckfehler angesprochen werden müssen. Die Auswahl der Fragen ist gut, so daß das Hefchen immerhin den Zweck, für den es geschrieben ist, zu erfüllen vermag. *Isberg.*

Organische Chemie in Frage und Antwort. Von Dr. ABEL-FISCHER. 79 Seiten. Berlin 1930, Siegfried Seemann.

Der organische Teil des oben besprochenen Büchleins gleicht diesem in Anlage und Art. Der allgemeine Teil ist gut gelungen, während der spezielle die Fehler der reinen Aufzählung und der übermäßigen Formelfülle besonders deutlich zeigt. Da aber Vorkommen, Darstellung und Eigenschaften der Verbindungen gebracht werden, da weiter die praktische Bedeutung erwähnt wird und der Kundige auch die Arbeitsmethoden der organischen Chemie herauszufinden vermag, so ist das Büchlein bei seiner knappen Form, die sich auf das Allerwesentlichste beschränkt, als Repetitorium gut geeignet. *Isberg.*

Grundzüge der theoretischen und angewandten Elektrochemie. Von Dr. GEORG GRUBE. 2. Aufl. 495 Seiten mit 165 Abb. Dresden und Leipzig 1930, Theodor Steinkopf. Geh. RM 28,—; geb. RM 30,—.

Die Elektrochemie von GRUBE, die ursprünglich in zwei Bänden erscheinen sollte, bringt in zweiter Auflage beide Teile in einem Band, der nach dem neuesten Stand der Wissenschaft umgearbeitet ist. Das Buch ist aus dem Hochschulbetrieb entstanden und außer für Studenten auch für Ingenieure und Chemiker bestimmt. Die Stärke des Buches liegt in den praktischen Anwendungen der elektrochemischen und elektrothermischen Verfahren in der Chemie und Metallurgie, wobei sich der Verfasser allerdings auf die großen Züge der physikalisch-chemischen Grundlagen und die in der Technik geltenden Arbeitsprinzipien beschränkt hat, ohne in praktisch-technische Einzelheiten zu verfallen. Bemerkenswert sei, daß aber auch die rein theoretischen Teile allen Ansprüchen gewachsen sind.

Vorausgesetzt wird in dem Buch die Grundlage der physikalischen Kenntnis vom Verhalten und Messen des elektrischen Stromes; bei manchen Dingen wird auf spezielle Literatur verwiesen. Als Auswahlprinzip war die praktische Bedeutung für die Technik oder den Unterricht maßgebend. Neu aufgenommen wurde in dieser Auflage die Elektrochemie der Salzschnmelzen und der Gase,

sowie die meisten praktischen Anwendungen, während die Elektrochemie der Elektrolyte in wässriger Lösung stark umgearbeitet wurde. Besonders fanden neuere Anschauungen, die auf der Theorie der vollständigen Dissoziation starker Elektrolyte beruhen, Berücksichtigung. Interessant ist die Einführung von Ionenaktivitäten (d. h. der freien Energie, mit der ein Ion nach außen zu wirken vermag) an Stelle der Ionenkonzentrationen in die NERNSTsche Formel zur Berechnung von Elektrodenpotentialen. Beachtenswert ist ferner, daß nach Arbeiten von BILTZ auch bei Salzschnmelzflüssen zwischen guten, schlechten und Nichtleitern unterschieden werden muß. Für die elektrochemischen Gasreaktionen wurden Vorgänge bei Atmosphärendruck als Ausgangspunkt gewählt, die Erscheinungen in verdünnten Gasen indessen nicht weiter besprochen.

Über den Inhalt sei kurz mitgeteilt, daß alle Gebiete der Elektrochemie Berücksichtigung gefunden haben, daß an sehr vielen Stellen auf die Originalliteratur verwiesen wurde und das schematisch gehaltene Bildmaterial gut ausgewählt und wiedergegeben ist. Von den angeführten praktischen Anwendungen seien vor allem die Metallraffination, die Metallgewinnung, die Galvanotechnik, die Elektrolyse der Alkalichloridlösungen, elektrolytische Oxydationen und Reduktionen, die technische Elektrolyse des Wassers, von geschmolzenen Salzen und schließlich elektrothermische Verfahren erwähnt.

Das Buch ist das beste mir bekannte Lehrbuch der Elektrochemie, das alle Teile so knapp und doch vollständig bringt und dabei im wesentlichen auf das Praktische gerichtet ist, wenn man von den ganz umfangreichen und vom FOERSTER, der aber nur ein Teilgebiet behandelt, absieht. Viele der Prozesse haben in der Technik eine solche Bedeutung, daß auch der Schulunterricht nicht an ihnen vorübergehen kann. Dem Lehrer, der sich für Elektrochemie interessiert, kann das Buch wegen seiner kurzen und klaren Form wärmstens empfohlen werden. *Isberg.*

Die quantitative organische Mikroanalyse. Von Dr. FRITZ PREGL. 3. Aufl. 256 Seiten mit 51 Abb. Berlin 1930, Julius Springer. Geb. RM 9,80.

Die Mikroanalyse hat besonders in den Jahren nach dem Kriege an Verbreitung sehr rasch zugenommen, wozu sowohl die Material- als auch die Zeitersparnis gegenüber der Elementaranalyse in der älteren Form erheblich beigetragen haben. Voraussetzung war allerdings eine Methodik, die mindestens ebenso exakte Werte lieferte wie das ältere Verfahren. An der Ausarbeitung der mikroanalytischen Verfahren hat der Verfasser hervorragenden Anteil gehabt, so daß er wie kein zweiter berufen war, ein Buch über die Technik der organischen Mikroanalyse herauszugeben. Das Buch ist eine Anleitung zur Durchführung der Mikroanalyse und bringt in historischer Entwicklung die neuesten Verfahren in einer Vollständigkeit, die auf alle einschlägigen Fragen eine Antwort finden läßt. Es ist aus der Praxis für

die Praxis geschrieben und gibt daher genaue Vorschriften für die Apparaturen, Vorbehandlung der zu untersuchenden Stoffe, Durchführung der Verbrennung bzw. Analyse und deren Auswertung. Neben den mikroanalytischen Methoden zur Bestimmung von Wasserstoff und Kohlenstoff werden auch solche für die Stickstoffbestimmung nach DUMAS und KJELDAHL, die von Halogen, Schwefel, Phosphor und Arsen, eine elektrolytische Mikro-Kupferbestimmung, sowie die Bestimmung kleinster Mengen von Karboxyl, Methoxyl, Äthoxyl, Methyl und Acetyl aufgeführt. Auch Molekulargewichtsbestimmungen mit kleinsten Substanzmengen und die Mikropolarisation nach EMIL FISCHER werden eingehend behandelt. Eine eingehende Untersuchung der möglichen Fehlerquellen, ein reichhaltiger Literaturnachweis und gute schematische Abbildungen erweitern den Wert des Buches, das eine treffliche Anleitung zu der organischen Mikroanalyse ist und allen, die auf diesem Gebiet zu arbeiten haben, bestens empfohlen werden kann. *Isberg.*

Physikalisch-chemisches Praktikum. Von Dr. AUGUST LEONHARD BERNOULLI. 147 Seiten mit 28 Figuren und 1 Tafel. Stuttgart 1929, Ferdinand Enke. Geh. RM 7,-; geb. RM 8,50.

Die physikalische Chemie kann zum mindesten auf der Oberstufe der Realanstalten im modernen Unterricht nicht übergangen werden. Bei getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise lassen sich im Praktikum auch einfache Versuche aus diesem Gebiet ausführen, in Kursen und Arbeitsgemeinschaften sind sie geradezu unentbehrlich. Das vorliegende Buch von BERNOULLI ist zwar für den Hochschulgebrauch zusammengestellt, aber es zeichnet sich durch starke Beschränkung aus und stellt nach des Verfassers Absicht einen wohl erwogenen Lehrgang der Physikalischen Chemie im Sinne der Arbeitsschule dar. Die methodische Anlage verrät sich am besten dadurch, daß die Auswahl der Versuche so gehalten ist, daß die Schwierigkeit ihrer Durchführung allmählich wächst. Aus den selbst gefundenen Zahlenwerten sollen die Naturgesetze erarbeitet werden. Um den Zusammenhang zu wahren und eine gewisse Übersicht zu ermöglichen, sind kurze theoretische Besprechungen eingeschaltet, die zugleich ein kurzes Repetitorium darstellen.

Es ist klar, daß in einer solchen Anleitung nicht alles für die Schule verwendbar ist. Die kostspieligen Apparaturen und die über den normalen Rahmen des Schulunterrichts hinausgehenden theoretischen Grundlagen mancher Aufgaben machen sie für Schüler- oder Demonstrationsversuche ungeeignet. Aber für eine große Reihe von Versuchen reichen unsere Schulhilfsmittel völlig aus, und die mehr nach der physikalisch-chemischen Seite eingestellten Kollegen werden aus dem Praktikum eine Fülle von Anregungen erhalten. Aber wie gesagt, Auswahl tut not. — Die einzelnen Versuche sind in Kapitel eingeteilt: Aufgaben zur Stöchiometrie der Gase, Viskosität und Kapillarität, die Eigenschaften der Gasmolekeln, Dampfdruck, Sieden und Schmelzen,

Siedepunkt, Gefrierpunkt und Molekulargewicht, kalorimetrische Meßtechnik, spezifische Wärme und Atomwärme, Versuche zum 1. und 2. Hauptsatz, allgemeine und präparative Elektrochemie, Reaktionskinetik, Kolorimetrie und endlich Polarimetrie. Die Versuche sind leicht verständlich und eingehend beschrieben, so daß selbst ein Primaner sie nach dem Buche ausführen kann. Die Beispiele sind größtenteils gut gewählt, und ihre Auswertung erfolgt auf arbeitsunterrichtlicher Grundlage. Der Verfasser hat insgesamt 84 Versuche zusammengestellt, wovon ein großer Teil auch für die Schule verwendbar ist. *Isberg.*

Dipolmoment und chemische Struktur. Leipziger Vorträge. Herausgegeben von Prof. Dr. P. DEBYE. Leipzig 1929, S. Hirzel. 32 Abbildungen und eine Tafel. 134 Seiten. Kart. RM 9.—.

Die ältere Strukturchemie geht von stereometrischen Betrachtungen aus und versucht auf Grund von Isomerieerscheinungen etwas über den Aufbau des Moleküls auszusagen. Dabei wird die Konstanz der Atomabstände, die Konstanz der Valenzwinkel und das Prinzip der freien Drehbarkeit im Molekül vorausgesetzt. Die Molekularphysik beschäftigt sich zunächst mit den einfachsten chemischen Stoffen, um an verhältnismäßig leicht übersehbaren Systemen ihre Methoden zu entwickeln und zu prüfen. Im Sommer 1929 wurde nun in Leipzig eine Vortragsreihe von Fachgelehrten über die Zusammenhänge zwischen der Größe des elektrischen Dipolmoments und der molekularen Struktur veranstaltet, die jetzt in Buchform vorliegt.

Es ist klar, daß hier über ganz spezielle, komplizierte wissenschaftliche Forschungen berichtet wird. Messungen der Temperaturabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten mit neuen Apparaturen, die Messung des Dipolmoments nach der Molekularstrahlenmethode, der Einfluß der Beweglichkeit der Atome im Molekülgerüst, der Einfluß der intramolekularen Wirkungen auf das Moment, sowie der Einfluß des Dipolmoments auf die Reaktionsgeschwindigkeit sind von den verschiedensten Forschern behandelt worden. Noch eine Reihe weiterer verwickelter Fragen, die zum größten Teil noch zu keinem abschließenden Ergebnis gekommen sind, ist angeschnitten worden, ohne daß sie im Augenblick für einen größeren Kreis von Chemikern schon von Bedeutung wären. *Isberg.*

Synthetische Edelsteine. Von FERD. KRAUSS. 1 Figur und 18 Abbildungen. Berlin 1929, Georg Stilke. Geb. RM 6,50.

Die kleine Schrift faßt die Methoden und Versuche zur Herstellung synthetischer Edelsteine auf 130 Seiten zusammen und gibt dazu ein reiches Literaturverzeichnis. Der Beschreibung der spezifischen Eigenschaften und Erkennungsmerkmale der Edelsteine und der Hilfsmittel zu ihrer Feststellung geht die Einzelbeschreibung voraus. Die Untersuchung der synthetischen Edelsteine und ihre Unterscheidung von den Natursteinen bildet den Schluß des Werkchens. *Dm.*

Praktikum der Färberei und Druckerei für chemisch-technische Laboratorien der technischen Hochschulen und Universitäten, für die chemischen Laboratorien höherer Textilfachschulen und zum Gebrauch im Hörsaal bei Ausföhrung von Vorlesungsversuchen. Von Dr. KURT BRASS. 2. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. RM. 5,25.

Einleitend werden die Gespinnstfasern und ihre Unterscheidungsmerkmale und die Farbstoffe nach ihrer praktischen Verwendung in Färberei und Druckerei beschrieben. Dann folgen mit Übungsbeispielen: Sauerziehende Farbstoffe, basische Farbstoffe, direktziehende Farbstoffe, Schwefelfarbstoffe, Küpenfarbstoffe, Beizenfarbstoffe und Entwicklungsfarben. Weiter werden beschrieben die Prüfung von Färbungen auf ihre Echtheit und die Erkennung von Färbungen nach Faser und Farbstoffen. Den Schluß bildet die Druckerei und ihre allgemeinen Methoden an der Hand zahlreicher Übungsbeispiele mit den gebräuchlichsten Farbstoffen: direkter Druck, Ätzdruck und Schutzdruck. Die Lehrer der Chemie an höheren Schulen seien auf das kleine Praktikum besonders hingewiesen. Sie finden darin alle grundlegenden Versuche zur Färberei, weit über den Bedarf der höheren Schule hinaus und können auf jedes größere färberei-technische Werk in der chemischen Handbücherei verzichten. *Dm.*

Die Geschichte der Glaserzeugung. Von Dr. HANS SCHULZ. (Bd. 1 der Sammlung: „Das Glas in Einzeldarstellungen“, herausgegeben von GEHLHOFF und QUASEBART.) 130 Seiten, 32 Abb. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. Kart. RM. 8,—.

Das Bändchen stellt die einzelnen Stufen der Entwicklung der Glasindustrie im Zusammenhang mit den großen geschichtlichen Ereignissen dar und sucht die Glaserzeugung, trotz ihres technischen Charakters, als Zeichen und Ausfluß einer gewissen kulturellen Entwicklung sichtbar werden zu lassen. Von der primitiven Bearbeitung des Glases mittels Stäbchen und Zangen zum Glasblasen mit der Glasmacherpfeife bis zum Gießen und Walzen und schließlich bis zur modernen Flaschenmaschine von OWENS, die in der Stunde automatisch 3500 Flaschen erzeugt, liegt ein weiter Weg, der uns vom Verfasser lebendig geschildert und durch gute Abbildungen verdeutlicht wird. Ein umfassendes Quellenverzeichnis zur Geschichte der Glastechnik bildet den Anhang des Werkchens. Dem chemischen Unterricht an höheren Schulen kann die Schrift willkommene Unterlagen für die Pflege der kulturkundlichen Zusammenhänge im Sinne der Richtlinien liefern. *Dm.*

Gesteinskunde für Studierende der Naturwissenschaft, Forstkunde, Landwirtschaft, Bergingenieure, Architekten und Bauingenieure. Von FRIEDR. RINNE. 10. u. 11. Aufl. 589 Textfiguren. Leipzig 1928, Dr. Max Jänecke. Geb. RM 19,50.

Allein schon der Umstand, daß die Gesteinskunde sich an einen so weiten Kreis von Fachleuten richtet, die gewissermaßen die Vielseitigkeit der Verwendung und Bedeutung der Gesteine im täglichen Leben verkörpern, macht das Buch für den Lehrer der Chemie und Naturwissenschaften in hohem Maße als Hilfsmittel für seinen Unterricht geeignet. Die geologischen Verhältnisse, namentlich Entstehung und Umwandlung der Gesteine, Lagerungsformen und chemische Zusammensetzung, sowie die Untersuchungsmethoden sind besonders berücksichtigt. Dabei geben die Erkenntnisse der neueren physikalisch-chemischen Forschung vielfach die allgemeinen Gesichtspunkte ab, worunter die Betrachtungen gestellt werden; sie lehren viele Einzelercheinungen aus allgemeinen Gesetzen begreifen. So erscheinen die Gesteine schließlich als die Produkte der Kombination von stofflichen Umsetzungen mit physikalischen, namentlich geophysikalischen und tektonischen Vorgängen. RINNE sucht gewissermaßen die Physiologie der

Gesteine zur Darstellung zu bringen. Den Hauptabschnitten: Eruptivgesteine, Sedimentgesteine, kristalline Schiefer gehen Kapitel über die Gemengteile der Gesteine, die Methoden der Gesteinsuntersuchung, die Lagerungsformen der Gesteine und über den allgemeinen Aufbau der Erde voraus. Durch die fortgesetzte Bezugnahme auf das praktische Leben, auf volkswirtschaftliche und technische Fragen in Verbindung mit Anschaulichkeit der Darstellung, die durch eine Fülle makroskopischer und mikroskopischer Bilder ganz außerordentlich unterstützt ist, wird das Buch zu einem der besten Hilfsmittel für den Lehrer der Naturwissenschaften, das für diesen Zweck den Vorzug verdient vor den Werken von ROSENBUSCH oder WEINSCHENK. Für die chemische Handbücherei der höheren Schulen sollte es um so eher angeschafft werden, als mineralogisch-petrographische Kenntnisse bei der neuen Lehrer- generation unter dem Einfluß der bestehenden Prüfungsordnung immer mehr verschwinden.

Dm.

Aus Werkstätten.

Das Antiskop, eine neue Ausführung des Kugelepiskops.

Die lichtstarke Projektionsglühlampe, die nach dem Kriege herauskam, hat dem episkopischen Bildwerfer in kurzer Zeit einen gewaltigen Aufschwung ermöglicht, so daß diese Projektionsart

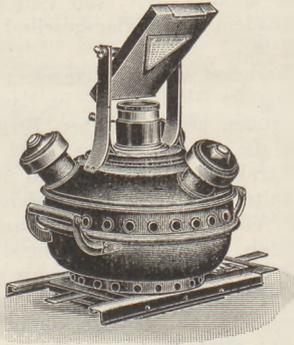


Fig. 1. Das Antiskop.

heute mit an erster Stelle steht. Neben den neuartigen Bildwerfern aber, die sich dieser Projektionslampe bedienen, um deren Licht mit Linsen- oder Spiegelkondensoren auf das wiederzugebende Papierbild zu werfen — so leistungsfähig diese Apparate auch sind, vermochte das alte Kugelepiskop seinen Platz zu behaupten. Dies kann nicht wundernehmen; denn die ULBRICHTSche Kugel, auf deren Grundlage Oberingenieur BECHSTEIN dieses erste brauchbare Glühlampenepiskop aufbaute, gibt einen Beleuchtungsapparat von ausgezeichneter Wirkung und vor allem von unübertrefflicher Einfachheit ab. In der Folge wird das Kugelepiskop in noch höherem Maße zur Ausbreitung des episkopischen Bildwurfes bei-

tragen, da es gelungen ist, eine bedeutend billigere Ausführung dieses Apparates herauszubringen. Die neue Ausführung, die nach einer Vereinbarung mit der Patentinhaberin SCHMIDT & HAENSCH in den Werkstätten von ED. LIESEGANG, Düsseldorf, hergestellt und unter der Bezeichnung „Antiskop“¹ vertrieben wird, unterscheidet sich von der älteren Form nur in einigen Äußerlichkeiten (Fig. 1); so ist das Gehäuse doppelwandig, der weiße Belag der Hohlkugel festhaftend, das

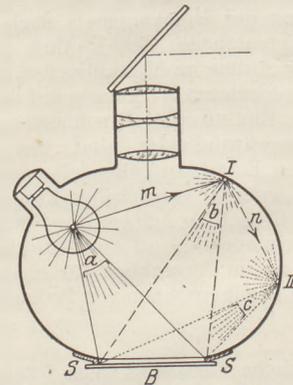


Fig. 2. Wirkungsweise des Antiskops.

Objektiv anastigmatisch. Ein wesentlicher Bestandteil ist auch bei der neuen Ausführung der VOLKMANNSche Ringspiegel.

Die Wirkungsweise des Antiskops sei an Hand einer schematischen Darstellung kurz erläutert (Fig. 2). Ein Teil (a) des Lichtes, das die Lampe

¹ Das Antiskop kostet ohne Untersatz RM 150; Untersatz dazu (wie in der Fig.) RM 7,50, Kas- setten je Stück RM 1.80.

nach allen Seiten hin ausstrahlt, fällt unmittelbar auf das unten im Ausschnitt (*B*) liegende Bild. Der Rest des Lichtes trifft gegen die mattweiße Kugelfläche. Durch diese Bestrahlung wird jeder einzelne Punkt der Kugelfläche gewissermaßen selbstleuchtend gemacht; denn die Lichtstrahlen, beispielsweise der Strahl *m* im Punkt I, werden infolge der diffusen Reflexion in ein nach allen Seiten strahlendes Lichtbündel zerstreut. Von diesem fällt wieder ein Teil (*b*) auf den Bildausschnitt (*B*). Der Rest wird wiederum gegen die weiße Kugelfläche geworfen; dort wird jeder einzelne Strahl, beispielsweise *n* im Punkt II, abermals diffus reflektiert, um einen Teil des reflektierten Lichtes (*c*) gegen den Bildausschnitt (*B*) zu werfen. Dieser Vorgang wiederholt sich immer wieder; es findet Reflexion um Reflexion an allen Punkten der Kugelfläche statt, jedesmal wird ein Teil gegen das Bild geworfen, bis das Licht, das bei jedem Rückwurf infolge von Absorption ein wenig schwächer wird, gänzlich aufgezehrt ist. Da die Absorptionsverluste bei der hohen Weiße der Kugelfläche sehr gering sind, so wird auf diese Weise eine sehr starke Beleuchtung erzielt, die sich durch eine vollkommene Gleichmäßigkeit auszeichnet.

Der Bildausschnitt (*B*) ist von einem Ringspiegel *SS* umgeben. Wenn diese Stelle der Hohlkugel gleichfalls weiß wäre, so würde ihr Bild

auf dem Schirm, eine leuchtende, helle Einrahmung, das Lichtbild umgeben und natürlich die Bildwirkung bedeutend beeinträchtigen. Der Ringspiegel hilft diesem Übelstand in einfachster Weise ab, ohne daß dadurch die Kondensatorwirkung dieser Stelle verloren geht: der Spiegel wirft dank dem Umstand, daß er als Hohlspiegel ausgebildet ist, dessen Krümmungsmittelpunkt im Objektiv liegt, alles von der weißen Kugel gegen ihn fallende Licht über das Objektiv hinaus. Infolgedessen erscheint der Ringspiegel, vom Objektiv aus gesehen, schwarz.

Bei diesem Beleuchtungsverfahren spielt offenbar die Größe und Form der Leuchtfläche, die der Leuchtfaden der Glühlampe bildet, keine Rolle. Man ist daher nicht auf die teuren Projektionsglühlampen von kurzer Lebensdauer angewiesen, kann vielmehr gewöhnliche Beleuchtungslampen verwenden, die billig sind und lange halten. Für die Schule, sowie für kleine Vereine zur Darstellung eines etwa $1\frac{1}{2}$ m großen Bildes eignen sich Lampen aus Klarglas für 100 Watt. Für den Gebrauch in der Familie sowie zum Nachzeichnen genügen Lampen für 60 Watt, die auch mattiert sein können. Die geringen Betriebskosten sind auf die Dauer noch wichtiger als der niedrige Anschaffungspreis des Antiskops. Ein weiterer Vorzug ist die mäßige Erwärmung.

Korrespondenz.

Druckfehlerberichtigung zu der Kleinen Mitteilung von P. RISCHEBIETH, Das Kaliumpersulfat als Oxydationsmittel und die Kohlenstoffbestimmung in organischen Verbindungen 43, 132; 1930.

Auf S. 133 muß das erste Glied der Proportion im 2. Versuche (Zeile 20 von oben) 0,104 heißen, wie 4 Zeilen höher auch richtig angegeben ist. In der Proportion des 3. Versuches (Zeile 18 von unten) muß das dritte Glied 188,15 heißen (Molekulargewicht von Kaliumbitartrat). Die Ergebnisse des 2. und 3. Versuches sind richtig gedruckt.

Reinsche Ferienkurse in Jena finden 1931 vom 3. bis 15. August statt. In der naturwissenschaftlichen Abteilung, deren Leitung Privatdozent Dr. H. BRINZINGER in Jena übernommen hat, werden folgende Kurse abgehalten: Kolloidchemie, mit Anleitung zu kolloidchemischen Schalexperimenten, Privatdozent Dr. BRINZINGER (6 Doppelstunden); Experimente aus der organischen Chemie und Biochemie, Privatdozent Dr. MAURER (6 Doppelstunden); Aufbau der Materie, Prof. Dr. Joos (12 Stunden); Theorie und Praxis der Photographie, Dr. RZYMSKOWSKY (6 Doppelstunden); Grundlagen der Pflanzenphysiologie, Privatdozent Dr. BRAUNER (12 Stunden); Aufbau und Kräfte des Erdkörpers, Prof. Dr. v. SIEBERG (12 Stunden); Die moderne Zoologie im Schul-

unterricht, Prof. Dr. FRANZ (12 Stunden); Zoologische Mikroskopier- und Präparierübungen, Prof. Dr. FRANZ (12 Doppelstunden); Bau und Funktion des Gehirns, Prof. Dr. NOLL (6 Stunden); Grundbegriffe der Bakteriologie, Prof. Dr. LEHMANN (6 Doppelstunden); Physiologie und Chemie der Ernährung und des Körperhaushalts, Privatdozent Dr. SCHLIEPHAKE (6 Doppelstunden); Die Erzeugung ultrakurzer Wellen und deren Anwendungsgebiete, Prof. Dr. ESAU (Abendvortrag).

In Verbindung mit den wissenschaftlichen Kursen ist eine besondere Abteilung für Hauswirtschaftswissenschaft geschaffen worden. Daneben stehen den Naturwissenschaftlern auch die anderen Abteilungen der Jenaer Ferienkurse: Philosophie, Pädagogik, Literatur, Kunst, Sprache offen. Alles Nähere über die Kurse, auch über die gemeinsamen Ausflüge und sonstigen Veranstaltungen, Kosten usw. enthält das Programm, das unentgeltlich durch das Sekretariat: Frl. CL. BLOMEYER, Jena, Carl-Zeiss-Platz 3, versandt wird.

Die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin befindet sich jetzt mit ihren sämtlichen Abteilungen und Diensträumen auf dem Grundstück N. W. 40, Invalidenstraße 57/62. Fernruf: C 5 Hansa 3918/19. Post-scheckkonto: Berlin 43352.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1931.

W.Z.: Welt-Zeit = Bürgerliche Zeit Greenwich. 0h W.Z. = Mitternacht bürgerliche Zeit Greenwich.
 Stundenzählung von 0h bis 24h. M.E.Z. = Mitteleuropäische Zeit = 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	°
Juni 29	6 27	+23,3	+ 2 59	18 24 27	6 23	+24,5	5 4	+22,1	10 48	+ 8,7	7 52	+21,3	19 31	-21,6
Juli 4	6 48	23,0	3 53	18 44 10	7 11	24,1	5 30	22,8	10 58	7,5	7 57	21,1	19 29	21,7
„ 9	7 9	22,5	4 49	19 3 53	7 55	22,7	5 57	23,2	11 9	6,3	8 1	20,9	19 28	21,8
„ 14	7 29	21,9	5 31	19 23 36	8 35	20,5	6 23	23,3	11 20	5,1	8 6	20,7	19 26	21,8
„ 19	7 49	21,1	6 2	19 43 18	9 11	17,8	6 50	23,1	11 31	3,9	8 11	20,5	19 25	21,9
„ 24	8 9	+20,1	+ 6 19	20 3 1	9 42	+14,8	7 16	+22,6	11 42	+ 2,6	8 15	+20,2	19 23	-21,9
„ 29	8 29	19,0	6 21	20 22 44	10 9	11,6	7 43	21,9	11 53	1,4	8 20	20,0	19 21	22,0
Aug. 3	8 49	17,8	6 8	20 42 27	10 32	8,6	8 9	20,9	12 4	+ 0,1	8 25	19,7	19 20	22,1
„ 8	9 8	16,5	5 41	21 2 9	10 51	5,7	8 34	19,6	12 15	- 1,2	8 29	19,5	19 19	22,1
„ 13	9 27	15,0	4 59	21 21 52	11 5	3,2	9 0	18,1	12 26	2,5	8 34	19,2	19 17	22,2
„ 18	9 46	+13,5	+ 4 3	21 41 35	11 14	+ 1,3	9 24	+16,4	12 38	- 3,8	8 38	+19,0	19 16	-22,2
„ 23	10 4	11,9	2 54	22 1 18	11 16	0,3	9 49	14,2	12 50	5,1	8 42	18,7	19 15	22,2
„ 28	10 23	10,1	1 33	22 21 1	11 9	0,5	10 13	12,5	13 1	6,4	8 47	18,4	19 14	22,3
Sept. 2	10 41	+ 8,4	+ 0 3	22 40 43	10 56	+ 2,2	10 37	+10,3	13 13	- 7,7	8 51	+18,2	19 14	-22,3

¹ Zeitgleichung = mittlere Zeit - wahre Zeit.

² Die Korrektur der Sternzeit für einen Ort λ° östlich bzw. westlich von Greenwich ist ± 0°.657 · λ°.

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
Juni 29	3 39	20 27	20 53	2 11	Juli 24	4 6	20 6	16 16	23 31	Aug. 18	4 45	19 21	11 3	20 55
Juli 4	3 43	20 25	22 55	8 16	„ 29	4 13	19 58	20 33	3 22	„ 23	4 54	19 11	17 36	23 54
„ 9	3 47	20 22	23 42	14 15	Aug. 3	4 21	19 50	21 29	9 35	„ 28	5 2	19 0	19 20	5 0
„ 14	3 52	20 18	1 44	20 21	„ 8	4 29	19 41	22 47	15 50	Sept. 2	5 10	18 48	20 6	10 59
„ 19	3 59	20 12	8 58	22 11	„ 13	4 37	19 32	3 22	19 49					

Mondphasen	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
1931					30. Juni	1h 46,9m	8. Jul	0h 51,6m
M.E.Z.	15. Juli	13h 20,0m	22. Juli	6h 16,1m	29. Juli	13 47,5	6. Aug.	17 27,8
	13. Aug.	21 27,0	20. Aug.	12 36,3	28. Aug.	4 9,5	5. Sept.	8 21,2

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

	Merkur ♀	Venus ♀	Mars ♂	Jupiter ♃	Saturn ♄
1931		h h	h h	h h	h h
Juni 29	—	A 2,5 D _m 3,0	D _a 22,3 U 23,2	—	D _a 22,3 D _m 1,8
Juli 9	—	A 2,5 D _m 3,2	D _a 22,2 U 22,7	—	D _a 22,2 D _m 2,0
„ 19	—	A 2,8 D _m 3,4	D _a 21,9 U 22,2	—	D _a 21,9 D _m 2,3
„ 29	—	A 3,1 D _m 3,7	D _a 21,5 U 21,7	—	D _a 21,5 D _m 2,7
Aug. 8	—	A 3,6 D _m 4,0	D _a 21,1 U 21,2	—	D _a 21,4 U 2,2
„ 18	—	A 4,1 D _m 4,3	—	A 3,1 D _m 3,6	D _a 20,6 U 1,4
„ 28	—	—	—	A 2,6 D _m 4,0	D _a 20,2 U 0,8
Sept. 7	—	—	—	A 2,2 D _m 4,3	D _a 19,8 U 0,1

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

22. Juni 10h 28m Sommersanfang. 5. Juli 23h Erde in Sonnenferne. 13. Juli 9h Saturn in Opposition zur Sonne. Zeitangaben in M.E.Z. Kohl.

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W 8.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.