

Windwalze und Segelflug.

Von Dr. Hermann Knoll in Graz (Steiermark).

Das Gleitverhältnis. Es sei die Aufgabe gestellt, durch einfache Versuche zu entscheiden, ob der Einbau einer Windwalze, auch FLETTNER- oder PRANDTL-Rotor genannt, in ein Segelflugzeug schon von vornherein als aussichtslos erklärt werden muß. Für die Motorluftschiffahrt scheint die Walze deswegen nicht in Frage zu kommen, weil sie neben dem erstaunlich großen Auftrieb auch einen sehr bedeutenden Rücktrieb erfährt, so daß das Gleitverhältnis, der Quotient aus Auftrieb und Rücktrieb, nicht genügend groß wird. Um den Begriff des Gleitverhältnisses zu erläutern, denken wir uns im Anschluß an LANCHESTER¹ eine Glimmerplatte von einigen hundertstel Millimetern Dicke in Gestalt eines länglichen Rechteckes. In der Mitte der einen Längsseite sei als Ballast ein Bleikügelchen eingesetzt, das durch einen bis zur Kugelmittle reichenden Einschnitt gespalten, mit dem Spalt an die Längskante angesetzt und dann zusammengedrückt wurde, so daß es fest an der Fläche sitzt. Die so beschwerte Längskante wird an den ein wenig abgerundeten äußersten Enden ganz wenig nach oben aufgebogen. Es müssen diese Aufbiegungen aber vollständig symmetrisch sein, sonst werden Flüge in gerader Linie nie gelingen. Man hält die Fläche so nach abwärts, daß die beschwerte Längskante unten und waagrecht ist und läßt sie los aus genügender Höhe, einige Meter über dem Erdboden. Sie geht rasch aus dem lotrechten Fallen in ein immer flacher werdendes Gleiten über, weil mit der anfänglich zunehmenden Fallgeschwindigkeit ein über die ganze Unterseite verteilter, wachsender Luftwiderstand entsteht. Ihn kann man sich durch eine Resultierende ersetzt denken, deren Angriffspunkt auf der kurzen Mittellinie des Rechteckes liegt, aber nicht in der Mitte der Platte, sondern mehr gegen die Ballastkugel zu, beiläufig im Endpunkte des ersten Drittels der Mittellinie, von der Bleikugel aus gerechnet. Die Richtigkeit dieser Behauptung geht aus dem Versuch 2 hervor, den ich in meinem Aufsatz „Aerodynamische Versuche“ in dieser Zeitschrift 38, 236 (1925) auf S. 237 beschrieben habe. Ist das flache Gleiten erreicht, dann beschreibt der Schwerpunkt der Platte eine Gerade, die gegen den Horizont ein wenig geneigt ist. Es ist stationäres Gleichgewicht. Dabei schließt die Mittellinie der Gleitfläche mit der Schwerpunktsbahn einen kleinen Winkel ein, den Anstellwinkel.

In der Fig. 1 ist m das mit der Bleikugel beschwerte Ende der Mittellinie, n das andere Ende. Auf die Gleitfläche wirken von außen: das Gewicht G und der Staudruck S der Luft. Wegen des Ballastes liegt der Schwerpunkt s auch mehr gegen m zu, und im stationären Gleiten haben sich α und die Gleitgeschwindigkeit gegenseitig

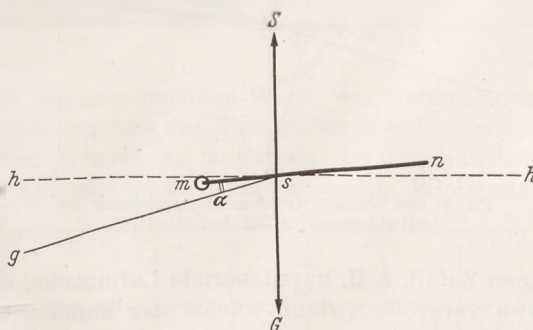


Fig. 1. Der stationäre Gleitflug.

¹ Aerodynamik. Ein Gesamtwerk über das Fliegen; aus dem Englischen übersetzt von C. und A. RUNGE, 1. Bd.; Leipzig und Berlin: B. G. Teubner 1909.

so eingestellt, daß der Schwerpunkt s und der Angriffspunkt des Staudruckes zusammenfallen. Der Staudruck S ist fast genau normal zur Plattenebene und wäre es ganz genau, wenn keine Reibung zwischen der Unterseite und der längs ihr gleitenden, verbrauchten Stauluft vorhanden wäre. Die Tatsache dieser lotrechten Richtung des Staudruckes, mag der Wind unter welchem Winkel immer anströmen, läßt sich in schöner Weise mit einem im Physikbuche von ROSENBERG (Ausgabe für Deutschland) angegebenen Versuch anschaulich machen¹. Ein waagrecht liegendes, großes Uhrglas mit mindestens 10 cm Durchmesser wird mit frisch angerührtem Gips angefüllt und in diesen ein Holzstab lotrecht eingesetzt, der eine Spanne lang ist. Er trägt eine ebene, segelartige Pappendeckelplatte, an deren Mittellinie der Holzstab angeleimt ist. Nach dem Hartwerden des Gipses bläst man mit einem Föhnapparat, wie er zum Haartrocknen verwendet wird, in beliebiger Richtung gegen die anfänglich vertikal stehende Platte. Die ganze Vorrichtung neigt sich stets so, daß man deutlich die lot-

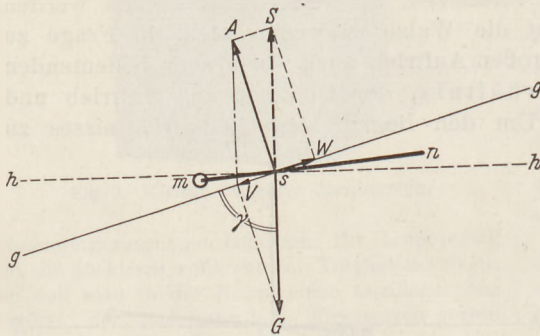


Fig. 2. Die übliche Komponentenzerlegung des Luftwiderstandes für den Gleitflug.

einen Zufall, z. B. kurzdauernde Luftunruhe, etwas gestört, der Anstellwinkel α zufällig etwa vergrößert, dann wächst der Staudruck, der ja im Falle senkrechter Richtung der Gleitfläche gegen den anströmenden Wind selbstverständlich seinen größten Wert haben muß. Es wandert aber auch sein Angriffspunkt mehr gegen die Mitte von mn , die er im ebengenannten Maximalfall erreichen muß. Dadurch entsteht dann, da S von G nun weggewandert ist, ein Drehmoment, das die Fläche gegen den Uhrzeiger, also so dreht, daß der Anstellwinkel wieder auf seinen ursprünglichen Wert zurückgeht. Wird umgekehrt α durch einen Zufall vermindert, so wandert der Pfeil sS in der Figur nach links, und der Gleiter wird im Sinne des Uhrzeigers gedreht und dadurch auch der ursprüngliche Anstellwinkel wiederhergestellt.

Nun pflegt man den Staudruck in zwei Komponenten zu zerlegen, und zwar bezüglich der Schwerpunktsbahn gs , die ja gleichzeitig für einen auf der Gleitfläche sitzend gedachten und mit ihr bewegten Beobachter die Windrichtung ist, denn in dieser Richtung scheint sich ihm irgendein Punkt der Geraden gs auf die Platte hin zu bewegen. Die Komponentenzerlegung ist in Fig. 2 gezeichnet. Die zur relativen Windrichtung gs normale Komponente A heißt der Auftrieb; er hat mit der lotrechten Richtung trotz seines Namens nichts zu tun. Die andere Komponente W ist der Rücktrieb, so daß sich jetzt die drei Kräfte G , A , W das Gleichgewicht halten. Des öfteren denkt man sich dann wieder die Kräfte A und G zu einer einzigen, dem Vortrieb, vereinigt, und es wirken dann auf den Gleiter bloß wieder zwei Kräfte in derselben Geraden gs , der Vortrieb V und der Rücktrieb W , deren Resultierende im stationären Gleichgewicht natürlich wieder Null ist. Und nun ist das Verhältnis A/W ersichtlich, die trigonometrische Tangente des Winkels SsW , der aber dem Winkel gsG gleich ist. Letzterer heißt der Gleitwinkel γ , und A/W wird daher mit Recht als Gleitverhältnis bezeichnet. Zugleich ergibt sich: Das Gleitverhältnis ist die Größe,

¹ Vgl. auch K. HAUSCHULZ: Segeln und Kräfteparallelogramm; diese Zeitschr. 43, 268 (1930).

von der die Größe des Gleitwinkels abhängt; sie bedingt, ob der Gleiter steil und rasch oder flach und sanft zur Erde kommt. Will man lange und weithin ausgedehnte Flüge im Gleiten erzielen, dann muß das Gleitverhältnis und damit γ groß, der Flug möglichst horizontal sein.

Soll also die eingangs gestellte Aufgabe in Angriff genommen werden, so wird das Gleitverhältnis für die Windwalze gemessen und untersucht werden müssen, unter welchen Bedingungen es möglichst groß wird. Um zu wissen, welche Werte dafür anzustreben sind, sei mitgeteilt, daß das Gleitverhältnis der besten, heutzutage gebauten Segelflugzeuge 10:1 ist. Da dieser Wert gleichzeitig $\tan \gamma$ ist, so heißt dies, daß ein solches Segelflugzeug in ruhiger Luft auf 10 m Vorwärtsbewegung durchschnittlich um 1 m sinkt. Ein langsames Sinken konnte bisher in ruhiger Luft nicht erreicht werden

(auch nicht im gleichmäßig und waagrecht dahinströmenden Wind, wie weiter unten gezeigt wird). Um die Abhängigkeit des Auftriebes und des Rücktriebes sowohl von der Geschwindigkeit des den Rotor anblasenden Windes als auch von der sekundlichen Umdrehungszahl des Rotors feststellen zu können, mußte man aus einem Windkanal Luft gegen ihn anströmen lassen und deren Strömungsgeschwindigkeit zu-erst messen.

Die Messung der Windgeschwindigkeit (Fig. 3). An den Windkanal, der in meinem schon erwähnten Aufsatz beschrieben ist, wurde ein Trichter TT angesetzt, der den Windquerschnitt einengt und die Windgeschwindigkeit in der Querschnittsmitte vergrößert, da man schon mit der bloßen Hand feststellen konnte, daß ohne Trichter die Windgeschwindigkeit von der Mitte aus nach den Seiten hin zunimmt, um dann am Rande des Strahlquerschnittes rasch abzusinken. Daran war der primitive Bau des aus einem einfachen Messingblech zurechtgebogenen Propellers PP schuld. An dem oberen Querbalken eines vor dem Trichter aufgestellten Rahmengestelles G war eine zur Windrichtung normale Pappendeckelscheibe S aufgehängt, von deren Vorderfläche drei sich vereinigende Fäden der Windrichtung entgegen über eine Rolle R zu einem Papierschälchen Q führten, das Gewichtstücke aufnehmen. Es wurden nacheinander drei Scheiben verwendet mit 5, 10 und 20 cm Durchmesser. Zunächst wurde festgestellt, daß der Winddruck sogar noch für die kleinste Scheibe auch dann unverändert blieb, wenn ihr Mittelpunkt aus der Mitte des Luftstrahles um fast 10 cm seitwärts verschoben wurde. Die Windgeschwindigkeit wurde aus der Formel

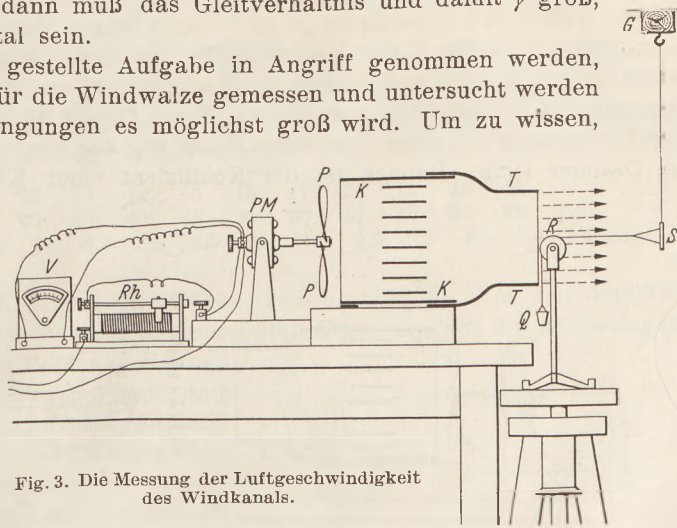


Fig. 3. Die Messung der Luftgeschwindigkeit des Windkanals.

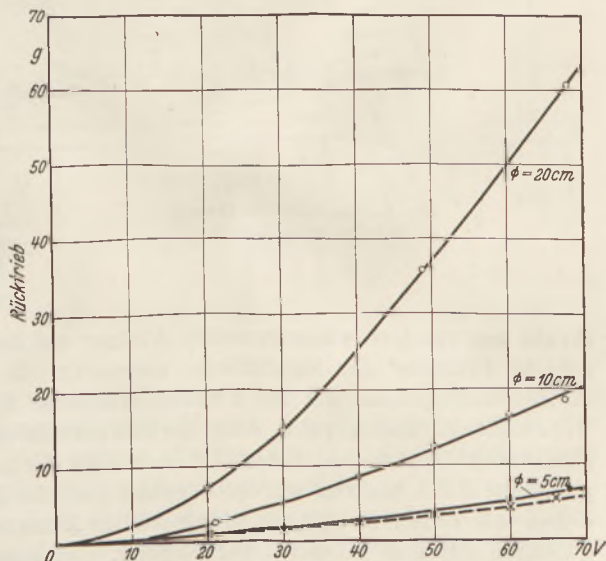


Fig. 4. Abhängigkeit der Kreisscheibenrücktriebe von den Betriebsspannungen des Propellermotors.

$W = c \frac{\rho}{2} v^2 F$ ermittelt, in der W der Staudruck ist, der durch die Dynzahl des Schälchengewichtes und die hineingelegten Gewichtsstücke gegeben ist. ρ ist die Luftdichte und hat den Wert 0,012 Grammase je cm^3 ; für c wurde der übliche Wert $1,1 \text{ cm}^0 \text{g}^0 \text{sec}^0$ genommen; die Größe F der Kreisfläche wurde in cm^2 angegeben. Das dann aus der Formel folgende $v \text{ cm sec}^{-1}$ hätte dann eigentlich unabhängig sein sollen von der Scheibengröße. Tatsächlich waren die v -Werte für die kleinste Scheibe die größten, in Übereinstimmung mit einer brieflichen Mitteilung des Herrn Prof. PRANDTL in Göttingen vom Oktober 1925. Danach ist der Koeffizient einer Kreisscheibe in einem freien

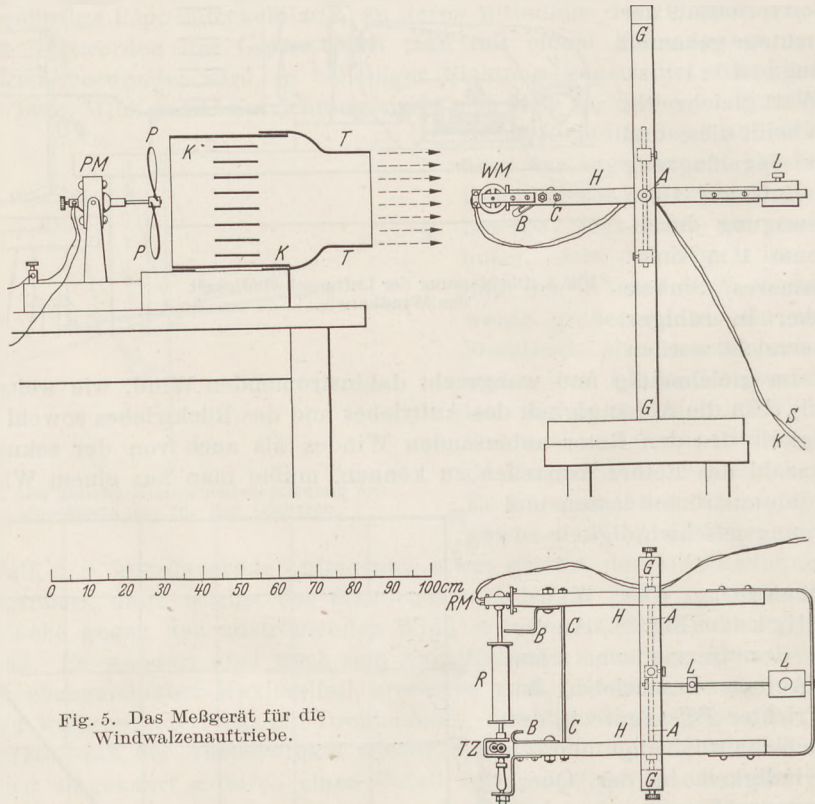


Fig. 5. Das Meßgerät für die
Windwalzenauftriebe.

Strahl um rund so viele Prozente kleiner als der richtige Koeffizient, als die Kreisscheibe Prozente der Strahlfläche ausmacht. In der Tabelle 1 sind die gemessenen Größen angegeben. Bei Nr. 1 bis 15 war eine kleine Rolle R mit großer Reibung in Verwendung. Daher rührt auch die stärkere Streuung der durch Scheibchen kenntlich gemachten Punkte im Schaubild der Fig. 4. Als dann eine größere, auf Spitzen gelagerte Rolle benutzt wurde, ergaben sich die Meßnummern 16 bis 21 der Tabelle 1, denen die durch Kreuzchen dargestellten Punkte des Schaubildes entsprechen. Wir gelangen dadurch zu der Überzeugung, daß schon eine so einfache, zum Teil handgefertigte Versuchsanordnung zufriedenstellende Messungen ermöglicht. Als endgültige Werte der Windgeschwindigkeit gelten die aus den Messungen 10 bis 15 erhaltenen, zu denen die entsprechenden Größen in der stark ausgezogenen Kurve der Fig. 4 gehören. Es erzeugt nämlich die größere Rolle im Verein mit ihrem Haltegestell einen bedeutenden Windschatten, der selbstverständlich den Winddruck verkleinerte. Deshalb liegt auch die gestrichelte Kurve mit den Kreuzchen unter der stark ausgezogenen, mit der sie ohne diesen Windschatten hätte zusammenfallen müssen.

Die Bürstenspannung des Luftschraubenmotors PM wurde mit dem Vorschaltwiderstand Rh einreguliert und mit dem parallelgeschalteten Voltmeter V der Fig. 3

gemessen. So ergab sich schließlich, daß den Bürstenspannungen 20, 40, 60, 70 Volt die Windgeschwindigkeiten 2,8, 4,5, 6,25, 7,3 m·sec⁻¹ entsprachen.

Tabelle 1.

Scheibendurchmesser	20 cm				10 cm						
Versuchsnummer . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Bürstenspannung . .	20	30	49	68	21	40	50	60	67,5	Volt	
Schale und Gewichte	7,5	14,5	35,5	60,5	2,5	8,5	12,5	16,5	18,5	Grammgewicht	

Scheibendurchmesser	5 cm						5 cm							
Versuchsnummer . .	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
Bürstenspannung . .	20	30	40	50	60	68	20	30	40	50	60	66	Volt	
Schale und Gewichte	1,5	2,0	2,5	3,5	5,5	6,5	1,0	1,5	2,5	3,3	4,4	5,2	Grammgewicht	

Das Meßgerät für die Auf- und Rücktriebe (Fig. 5). Vor den Windkanal wurde auf ein niedriges Tischchen ein Rahmengestell *G* gesetzt, das die Achsenlager *A* eines drehbaren, U-förmigen Rahmens *H* trug. Die Querstange *C* versteift den Rahmen, und an sie wurden auch die den Auftrieb messenden Gewichte gehängt. *LL* sind Laufgewichte zum Auswuchten des Drehrahmens. Die punktiert angedeuteten kleineren Laufgewichte an den von *A* nach auf- und nach abwärts führenden Stangen wurden leider zuerst so eingestellt, daß der Rahmen *H* fast im indifferenten Gleichgewicht war; es wurde davon eine möglichst große Empfindlichkeit erhofft. Es bedurfte vieler Versuche, bis die Überzeugung gewonnen wurde, daß eine möglichst stabile Einstellung des Rahmens *H* zuverlässigere Meßwerte ergab. Es war dabei nämlich die Schwingungsdauer des Rahmens kleiner, die Meßgeschwindigkeit vergrößert. Und das war wichtig, weil die Laufgeschwindigkeit des Motors *WM* schwankte und diese Unannehmlichkeit 200 Messungen verdarb. Selbstverständlich muß-

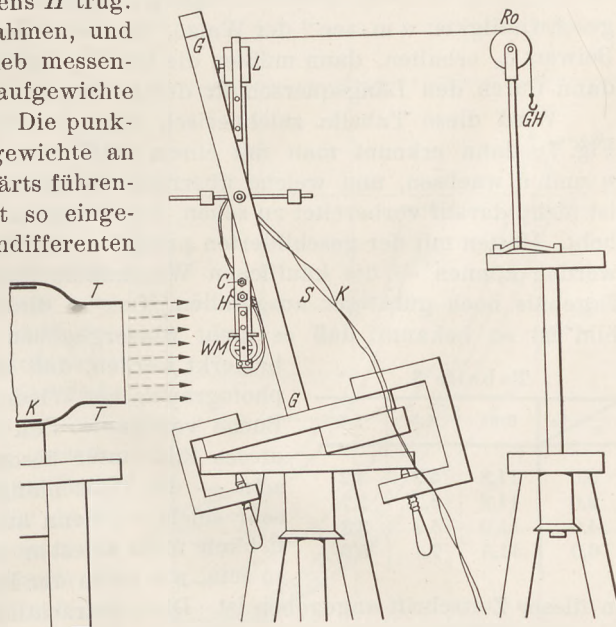


Fig. 6. Die Aufstellung desselben Meßgerätes für die Windwalzenrücktriebe.

ten die für die Stange O geltenden Gewichtswerte umgerechnet werden auf den größeren Hebelarm der Angriffsstelle des Auftriebes. Zum Messen der Rücktriebe wurde das Rahmengestell G , etwas vornüber geneigt, auf ein höheres gestellt und mit Holzzwingen ans Stativ geschraubt (Fig. 6). Vom drehbaren Innenrahmen H führte oben ein waagrechtlicher Zwirnfaden fort, der um die Rolle Ro geführt und an dessen Ende die den Rücktrieb aufhebenden Gewichte angehängt wurden, deren Drehmomente natürlich wieder nicht die gleichen Hebelarme hatten wie die der Rücktriebe, so daß auch hier umgerechnet werden mußte. KS bezeichnen in beiden Figuren die Leitungskabel, die vom Schaltbrett zum kleinen 150-Volt-Motor WM des Drehrahmens führten.

Auf- und Rücktriebe des Rotors ohne Ansatzflächen. Am vorderen Ende des Drehrahmens saßen auf einer Achse der Motor *WM*, die Windwalze (der Rotor) *R* und der Tourenzähler *TZ*. Die Windwalze ist 20 cm lang, ihr Querschnittsdurchmesser ist 3,8 cm, und die Endscheiben, die das seitliche Abgleiten der Windströmung vom Rotor verhindern, haben 5,2 cm Durchmesser. Es konnten leicht Umlaufzahlen von mehr als 50 sec⁻¹ und damit Umfangsgeschwindigkeiten bis 7 m·sec⁻¹,

einigemale bis $9 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$, erreicht werden. Die Umlaufzahl des Motors *WM* wurde auf dem Schaltbrett geregelt. Leider war der aus Holz hergestellte Rahmen *HH* nicht starr genug; er kam durch das schnelle Rotieren der Windwalze ins Vibrieren. Das wirkte auf die Walzenachsen so ein, daß die Drehgeschwindigkeit schon innerhalb einer einzigen Sekunde schwankte. Daher konnte auch auf dem Schaltbrett die Rotorgeschwindigkeit erstens nicht mit der erwünschten Exaktheit eingestellt und die erhaltene dann nicht konstant beibehalten werden. Dieser Übelstand machte lange

Tabelle 2.

$u \backslash v$	7,1	6,25	4,5	2,8
2,0	4,2	4,0	3,6	3,0
4,0	10,8	10,4	9,4	8,0
6,0	23,4	22,0	19,7	15,5
8,0	46,6	40,2	35,4	26,4

und zeitraubende Messungsreihen notwendig, bis endlich die oft recht zerstreut auf dem Koordinatenpapier liegenden Punkte sich ersichtlich zu Kurven anordneten. Daher werden in der Tabelle 2 nicht die einzelnen Meßwerte, sondern die durch graphisches Ausgleichen erhaltenen Werte für den Auftrieb in Grammgewichten mitgeteilt, und zwar als Funktionen der Windgeschwindigkeit $v \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ und der Umfangs-

geschwindigkeit $u \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ der Walze. Wollte man aus den *A*-Werten den sonst üblichen Beiwert c_a erhalten, dann müßten die Gewichtszahlen zuerst in Dyn umgerechnet und dann durch den Längsquerschnitt des Rotors, durch $20 \text{ cm} \cdot 3,8 \text{ cm}$, dividiert werden.

Wird diese Tabelle zeichnerisch dargestellt (siehe die gestrichelten Kurven in Fig. 7), dann erkennt man mit einem Blick, wie schnell der Auftrieb wächst, wenn u und v wachsen, und welche überraschend großen Werte er annehmen kann. Man ist nicht darauf vorbereitet zu sehen, wie die kleine Windwalze fast ein 5-dkg-Gewicht hebt. Hätten mit der geschilderten primitiven Einrichtung größere Windstärken erzielt werden können — die käuflichen Windkanäle lassen dies leicht zu —, so wäre das Ergebnis noch günstiger ausgefallen. Das zu diesen Auftrieben gehörige Stromlinienbild ist so bekannt, daß es nicht wiedergegeben zu werden braucht. Es soll nur

Tabelle 3.

$u \backslash v$	6,25	4,5	2,8
0,0	11,8	6,2	3,2
2,0	11,2	5,7	2,7
4,0	11,0	5,9	3,3
6,0	11,5	7,4	5,6

bemerkt werden, daß ein solches wirklich hergestelltes in photographischer Wiedergabe in dem soeben erschienenen Buche von BRUNO ECK¹ auf S. 28 enthalten ist. Doch muß dieses Bild unter besonderen Umständen erlangt worden sein — die Walzenlänge ist minimal und die Strömung sehr seicht —, denn aus ihr sind die Rücktriebe der Wirklichkeit nicht ablesbar und nicht erklärlich. Es dürfte eher so sein, wie es in der Fig. 9d meines erwähnten Aufsatzes

in dieser Zeitschrift angegeben ist. Diese beträchtlichen Rücktriebe zeigt die Tabelle 3, die aus wiederum zahlreichen, schon im Jahre 1925 angestellten Versuchen gewonnen wurde. In ihr sind auch, so wie in Tabelle 2, der Auftrieb *A* und der Rücktrieb *W* als Funktionen von u und v angegeben.

Freilich müßten eigentlich noch die Rücktriebe abgezogen werden, die der Rahmen und die Walzenachse erleiden. Sie machen je nach der Windgeschwindigkeit $\frac{1}{2}$ bis 1 Grammgewicht aus. An der Behauptung der großen Rücktriebe ändert diese Unterlassung nichts. So viel geht wohl aus den Tabellen 2 und 3 hervor, daß der leere Rotor für die Segelfliegerei nicht in Betracht kommt. Die Werte $u = 6,0$, $v = 6,25$, $A = 22,0$ der Tabelle 2 und die entsprechenden Werte $u = 6,0$, $v = 6,25$, $W = 11,5$ liefern z. B. das Gleitverhältnis 2. Genauere Messungen (siehe J. ACKERET² und Handbuch der Experimentalphysik von WIEN und HARMS, Bd. IV/2, S. 196) lassen aus den Polardiagrammen den Bestwert 3,8 entnehmen. Dabei ist der Widerstand der übrigen Teile des Flugzeuges noch unberücksichtigt und auch nicht die Frage gestellt, welche Stelle die Energie für das Drehen der Windwalze liefern soll. Schließlich muß noch bedacht werden, daß das Aussetzen der Walzendrehung (etwa durch Motordefekt) den Rotor wie einen Stein zur Erde fallen ließe.

¹ Technische Strömungslehre, 2. Band. Berlin: Julius Springer 1936.

² Neuere Untersuchungen der aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen. ZSFM. 16, 1925.

Der Rotor mit Ansatzfläche. Die zuletzt angeführte Tatsache läßt den Gedanken aufkommen, den Rotor mit einer Tragfläche zu vereinigen. Dieser Gedanke entstand übrigens bald nach dem Bekanntwerden des FLETTNER-Rotors. Auf der Suche nämlich nach Möglichkeiten, den großen Rücktrieb zu vermindern, ließen sich tatsächlich Körperformen finden, die, an die Windwalze angesetzt, ihren Rücktrieb auf die Hälfte herabsetzten. Doch wird dadurch leider die eigentliche Rotorwirkung, der Quer- oder Auftrieb, unverhältnismäßig mehr herabgesetzt als der Rücktrieb. Daher wurde eine geeignete Form für einen solchen Ansatzkörper gesucht, die zwar den Rücktrieb nicht vermindert, also den Nenner des Gleitverhältnisses unverändert läßt, aber den Auftrieb vermehrt. Nach Durchprobieren mehrerer Formen erwies sich als die geeignetste die, deren Querschnitt in Fig. 7 (links oben) wiedergegeben ist. Die verschiedenen Ansatzkörper wurden aus Pappendeckel mit Innenversteifung angefertigt. Es muß aber dringend geraten werden, sie sorgfältig aus Holz vom Fachmann herstellen zu lassen, insbesondere wegen der Rundung der hohlen Seite, an die sich der Rotor anschmiegen soll. Es muß nämlich der Luftspalt zwischen beiden möglichst eng gemacht werden. Die Unannehmlichkeit, daß dies mit Pappendeckel nicht ausreichend gelang, war im Verein mit der Inkonstanz der Walzendrehgeschwindigkeit die Ursache starken Schwankens der Auftriebswerte. Diese werden einem ja auch leicht erklärlich. Windwalze und Ansatzkörper bilden zusammen die gewohnte Form eines Tragflügels. Es müssen für beide zusammen zunächst also die bekannten Stromlinienformen gelten mit dem Staudruck auf der Unterseite und dem Sog auf der Oberseite. (Deswegen muß auch die Unterseite schwach ausgehöhlt sein; es würde sonst die vorn und unten aufgetroffene Luft von dort wirkungslos längs der Unterseite weitergleiten. So aber kann sie wegen der fortgesetzten Krümmung auch an den rückwärtigen Stellen der Unterseite Druck ausüben.) Besteht nun aber die Tragfläche aus zwei Teilen, dann vermittelt der unvermeidliche Spalt zwischen beiden den Druckausgleich zwischen Unter- und Oberseite, und das setzt, wenn der Spalt nicht eng genug ist, den Auftrieb auf einen Bruchteil des mit engem Spalt erhaltenen herab. Bevor dieser Tatbestand klar erkannt war, lagen die den Meßwerten entsprechenden Punkte auf dem Millimeterpapier recht zerstreut, und erst als die Spaltbreite absichtlich groß gemacht wurde, zeigten die dann nahe an die Abszissenachse rückenden Punkte den Grund für das Zerstreutliegen der früheren Punkte an. Es durften also nur die höchsten Auftriebswerte berücksichtigt werden. Mit ihnen ergeben sich die in der Fig. 7 voll ausgezogenen Kurven, die den Zusammenhang zwischen der Umfangsgeschwindigkeit der Walze und der Größe des Auftriebes herstellen. Jede der 4 Kurven gilt dabei für eine bestimmte, hinzugeschriebene Stärke des den Rotor anblasenden Windes. In die gleiche Figur sind die Auftriebswerte des blanken Rotors aufgenommen.

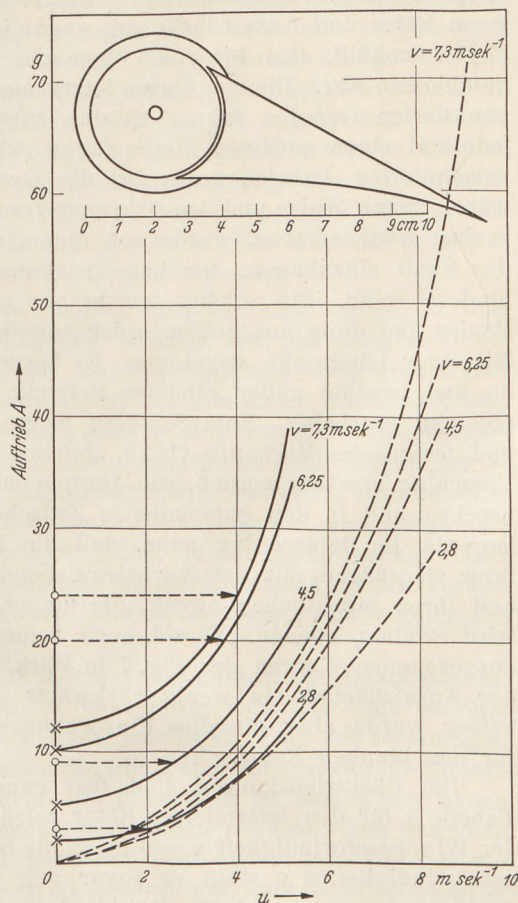


Fig. 7. Zusammenhang zwischen den Windgeschwindigkeiten, Umlaufzahlen und Auftrieben der Windwalze mit und ohne Ansatzkörper.

Sie sind, wie schon oben bemerkt wurde, durch die gestrichelten Kurven wiedergegeben. Aus dieser Zusammenstellung entnehmen wir, daß der Zusatzkörper tatsächlich den Auftrieb vermehrt und der Auftrieb mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit u viel rascher wächst, als der des blanken Rotors. In derselben Figur sind auf der Ordinatenachse noch 8 Punkte durch kleine Kreise und Kreuze hervorgehoben. Die Kreuze sind die Endpunkte der Auftriebe für $u = 0$, wenn der Spalt zwischen Walze und Ansatzkörper möglichst eng, aber immerhin noch vorhanden war. Die Kreise gelten für dieselben vier Windgeschwindigkeiten als Parameter und für $u = 0$, wenn Rotor und Ansatzfläche mit enganliegendem, an der Ansatzfläche festgeklebten Papier umhüllt, also der Spalt oben und unten in der ganzen Länge überdeckt und geschlossen war. Die von diesen letztgenannten vier Punkten waagrecht wegführenden punktierten Geraden führen zu den zugehörigen Kurven und zeigen, daß es erst jedesmal einer gewissen Umfangsgeschwindigkeit bedarf, um die durch den Spalt verminderten Auftriebswerte auf die Größe der Werte zu steigern, die entstanden wären, wenn Walze und Ansatzkörper vereinigt gewesen wären. Um diesen Auftriebsverlust wettzumachen, wurde von fachmännischer Seite vorgeschlagen, ein Ventil in den Spalt einzubauen, das den Druckausgleich zwischen Ober- und Unterseite verhindern sollte. Ein solches wurde aus einem schmalen Streifen aus gewöhnlichem Papier und dann aus Seidenpapier angefertigt und an die Höhlung der Ansatzfläche mit einer Längsseite angeklebt. Es legte sich aber nicht vollständig an den Rotor an und brachte außer erhöhter Reibung keinen Erfolg. Es war auch vielleicht zu ungenau gearbeitet. Zum Schlusse möge noch der im Handbuche für physikalische und technische Mechanik (1928, Johann Ambrosius Barth), Bd. 6, S. 578 gemachte Vorschlag erwähnt werden, die Aeroplanfläche dreiteilig zu machen, indem sie unterbrochen und in den entstandenen Zwischenraum eine Walze eingesetzt wird. Doch liegt da die Befürchtung nahe, daß die letztere dann nur zu einem geringen Teil ihrer Oberfläche mit der vorbeistreichenden Luft in unmittelbare Berührung treten und ihren eigentlichen Zweck, die umgebende Luft in Rotation zu versetzen, nicht wird erfüllen können. Es sei noch bemerkt, daß eigentlich alle Auftriebe der voll ausgezogenen Kurven der Fig. 7 in Wirklichkeit etwas größer sind, da die Auftriebe der Ansatzflächen ein wenig rückwärts der Rotorachse angreifen. Der Einfachheit halber wurde aber dieselbe Umrechnungstabelle für die Drehmomente benutzt, wie für den blanken Rotor.

Die Rücktriebskurven sind fast genau dieselben wie die, die man nach der Tabelle 3 für den unarmierten Rotor zeichnen könnte, und zeigen den Rücktrieb von der Windgeschwindigkeit $v = 6$ m an als fast unabhängig von u . Für geringere Windgeschwindigkeiten v sinkt er sogar von den großen Anfangswerten für $u = 0$ mit zunehmendem u sowohl für den blanken als auch für den mit einer Ansatzfläche ausgestatteten Rotor. Dann erreicht er, mit weiterwachsendem u wieder zunehmend, bei $u = 5 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ wieder seinen Ausgangswert. Es wächst also im Gleitverhältnis der Kombination Walze und Ansatzkörper für jede Windgeschwindigkeit mit zunehmendem u der Zähler, der Auftrieb. Der Nenner bleibt entweder konstant, oder er nimmt sogar etwas ab, so daß sich also bis zu den mit der verwendeten Versuchsanordnung erreichbaren Größtwerten für u und v das Gleitverhältnis immer mehr verbessert. Hier müssen nun Messungen mit leistungsfähigeren Geräten einsetzen, um die Entscheidung zu bringen, bis zu welchen Werten von u das Gleitverhältnis ansteigt; es müßte entschieden werden, ob nicht — die Vermutung liegt sehr nahe — für größere Umfangsgeschwindigkeiten, besonders wenn diese ein Vielfaches der Windgeschwindigkeit werden, dann der Rücktrieb noch stärker ansteigt als der Auftrieb, so daß das Gleitverhältnis dann von einem Höchstwerte wieder absänke. Und man braucht doch Werte dieses Verhältnisses, die über 10 liegen, denn man muß bedenken, daß, wenn ein Segelflugzeug mit einem so armierten Rotor ausgerüstet werden sollte, noch der Rücktrieb der notwendigen Befestigungsstützen, der Steuerflächen und des Flug-

zeugführers dazukämen. Es kann also auch für den erweiterten Rotor nicht vorausgesetzt werden, er werde in der Segelfliegerei eine Rolle spielen. Könnte das Gleitverhältnis genügend weit hinaufgetrieben werden, dann hätte freilich das mit einer solchen Walze ausgestattete Flugzeug vor dem bisher mit möglichster Gewichtsersparnis und mit geringster Flächenbelastung gebauten Flugzeug den großen Vorteil voraus, daß die Gewichtsbelastung für jedes Quadratmeter der tragenden Fläche unverhältnismäßig größer sein und der Apparat viel robuster gebaut werden könnte. Die Bruch-sicherheit, freilich aber auch die Flug- und Landegeschwindigkeit würden steigen. Die Entscheidung über die Verwendungsmöglichkeit der Windwalze mit Ansatzkörper muß also zunächst Messungen an kleinen Modellen mit möglichst hochgetriebenen Werten für u und v überantwortet werden. Sollten sie ermutigend ausfallen, so müßten Versuche an Modellen mit immer mehr steigenden Größenmaßen folgen, denn u und v werden wohl kaum an kleinen Modellen so übermäßig groß gemacht werden können, daß mit Hilfe des REYNOLDSSchen Gesetzes zwingende Schlüsse auf große Ausführungen möglich wären. Wenn die Windwalze für den Segelflug anwendbar wäre, dann würde sie eine neue grundsätzliche Möglichkeit für ihn bedeuten. Um dies zu erläutern, müssen die Grundsätze des Segelfluges zunächst mitgeteilt werden.

Prinzipielles über den Segelflug. Die Grundsätze sind bereits in dem zweibändigen Werke von LANCHESTER angegeben worden und die Folgezeit, ein Vierteljahrhundert, hat an ihnen nichts geändert. Das Wesentlichste aus diesem Werke ist in einer kürzlich in 2. Auflage erschienenen Broschüre von KURT WEGENER¹, dem Bruder und Amtsnachfolger des Grönlandforschers ALFRED WEGENER, zusammengefaßt und durch zahlreiche eigene Erfahrungen erweitert worden. Diese Erfahrungen konnte er im reichsten Maße als Kommandant eines Bombenflugzeuggeschwaders im deutschen Heere während des Weltkrieges und nachher als staatlich beauftragter Leiter der preußischen wissenschaftlichen Fluganstalt in Staaken gewinnen. In der ersten Auflage dieses Werkchens konnte er die Möglichkeit des Segelfluges im thermischen Aufwinde voraus-sagen. Diese Voraussage wurde durch die weiten Überlandsegelflüge der jüngsten Zeit voll bestätigt.

Der erste, schon von Lord RAYLEIGH im Jahre 1883 aufgestellte Grundsatz für den Segel- oder motorlosen Flug ist dieser: In vollständig ruhender Luft ist ohne besondere Vorrichtungen nur ein Gleitflug möglich, das ist ein Flug mit beständigem Höhenverlust. Die in die Höhe gehobene Gleitfläche gibt dabei ihre potentielle Energie allmählich ab; diese verwandelt sich in Wucht, die notwendig ist, um immer neuen, von der Unterseite der Tragflächen bestrichenen Luftmassen nach abwärts gerichtete Impulse zu erteilen. Der Rückdruck der so gestauten Luft äußert sich als Auf- und Rücktrieb. Wenn sich während des Gleitens doch ein zeitweiliges, kurz dauerndes Emporsteigen der Tragfläche zeigt, so ist daran irgendeine Störung der angenommenen Luft-ruhe schuld. Doch geschieht dies unter gleichzeitigem Geschwindigkeitsverlust, der einen Auftriebsverlust nach sich zieht und ein sofort darauf einsetzendes um so geschwinderes Sinken zur Folge hat. Im zeitlichen Durchschnitt ist doch nur Höhenverlust vorhanden.

Der zweite, erst viel später von Admiralitätsrat KÖPPEN und ALFRED WEGENER gefundene Grundsatz besagt, daß jeder in Luft fallende Körper sich von selbst (wenn genügend Zeit dazu ist) so einstellt, daß sein Luftwiderstand möglichst groß, das Fallen also verlangsamt wird. Dazu bringt die genannte Broschüre mehrere instruktive Beispiele und verweist darauf, daß vorher in wissenschaftlichen Kreisen die gegenteilige Ansicht herrschte.

Aus diesen Grundsätzen folgt als abgeleiteter Satz, daß eine motorlose Tragfläche auch in einem gleichmäßigen und waagrecht dahinströmenden Winde nur dauernd fallen kann. Dieser Satz kann aus der Tatsache erklärt werden, daß für einen Beobachter auf dem festen Erdboden die in den waagrechten Wind eingesetzte

¹ Die Grundlagen des Segelfluges. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1935.

Tragfläche während ihres Fallens so lange einen Rücktrieb erfahren wird, bis sie die Geschwindigkeit des Windes angenommen hat, sich also für einen mit dem Winde bewegten Beobachter so verhält, wie eine in ruhender Luft fallende Fläche. Für den Beobachter auf dem festen Boden hat sie also gleichzeitig zwei Geschwindigkeiten, die des Windes und die vom mitbewegten Beobachter festgestellte des Gleitfluges. Es treten aber in zwei gegeneinander gleichförmig bewegten Bezugssystemen keine Trägheitskräfte auf; die in dem einen der beiden Systeme festgestellten Kräfte haben gleiche Größe mit der des anderen, die Kräftepläne der Fig. 1 und 2 gelten auch für die Tragfläche im gleichmäßig und waagrecht wehenden Wind. Die nähere Bestimmung „waagrecht“ muß für unseren besonderen Fall hinzugesetzt werden. Der Grund hierfür zeigt sich noch.

Aus diesen drei Sätzen entsteht die zweite Folgerung: In waagrecht und gleichmäßig strömendem Wind gibt es keinen Segelflug, d. i. ein Flug mit Beibehalten der Flughöhe oder gar mit Höhengewinn. Ein Segelflug ist nur möglich, wenn entweder die Windgeschwindigkeit nicht waagrecht oder nicht konstant ist. Es können natürlich auch beide Abänderungen gleichzeitig eintreten. Es muß also entweder „Aufwind“ da sein oder eine Aufeinanderfolge von „Böen und Flaute“. Solche Aufwinde kommen in der Natur vor an Steilküsten und an der Luvseite von breiten Bergketten, die sich quer zur Windrichtung dahinziehen. Um Einzelberge biegt der Wind nach beiden Seiten herum, ohne über sie hinwegzustreichen. In diesem Aufwinde schweben die segelfliegenden Vögel, in ihnen wurden auch die ersten Segelflüge von Menschen erzielt. Natürlich muß das Aufsteigen des Windes mindestens mit solcher Geschwindigkeit vor sich gehen, daß das gleichzeitige und unweigerlich erfolgende Herabgleiten des Vogels oder des Flugzeuges innerhalb dieses Windes zum Höhenverlust Null kompensiert oder sogar noch ein Höhengewinn herausgeholt wird. Für unsere besten Segelflugzeuge muß also dieser Aufwind eine vertikale Komponente von mindestens $1 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ haben. Für segelfliegende Vögel, deren Gleitverhältnis schlechter ist als das der Hochleistungssegelflugzeuge, ist ein noch kräftigeres Luftaufsteigen notwendig. Dies ist der statische Segelflug, den auch die Möwen ausführen, wenn sie ein Schiff begleiten. Sie lassen sich vom Aufwind, den das Schiff während des Fahrens erzeugt, tragen. Freilich können sie in ihm nicht so wie die eigentlichen segelfliegenden Vögel an den Steilküsten stundenlang ohne Flügelschlag verweilen. Vielleicht wäre es übrigens besser, diesen Flug als passiven Segelflug zu bezeichnen, da das Wort „statischer Flug“ ja für das Fliegen im Luftballon eigentlich schon vergeben ist. Zum statischen, passiven Segelflug würde auch der im thermischen Aufwinde, im aufsteigenden Winde unter Kumuluswolken, zählen, verlangte nicht das Aufsuchen der Stellen stärksten Aufsteigens und das möglichst verlustlose Hinübergleiten von einer Wolke zur anderen eine beträchtliche Mitarbeit und Flugerfahrung des Segelfliegers. Die zweite Art des Segelfluges, die dynamische (aktive) Art, setzt das Ausnützen jeder genügend großen Bö, die das ganze Flugzeug erfaßt, voraus. Durch Einstellen des Höhenruders wird der Tragfläche ein größerer Anstellwinkel gegeben. Dadurch wird der Auftrieb verstärkt, das Flugzeug gleitet an der Bö wie an einer schiefen, in den Weg gestellten Ebene empor, gewinnt Höhe und verliert freilich dabei an Geschwindigkeit, denn mit Vergrößern des Anstellwinkels wächst auch der Rücktrieb. Doch bringt der von der Bö dem Flugzeug mitgeteilte Impuls einen größeren Höhengewinn, als er der verlorenen Wucht entspricht. Wenn dies aber so ist — und es soll sofort an einem mechanischen Gleichnis verständlich gemacht werden —, dann wird das Flugzeug in der nachfolgenden Flaute, der Luftströmung mit geringerer Geschwindigkeit, wohl wieder sinken und gleichzeitig schneller werden, doch wird es nicht um ebenso viel sinken müssen, als es gestiegen ist, um die ursprüngliche Fluggeschwindigkeit wieder zu erlangen.

Das mechanische Modell zum Verständlichmachen des dynamischen Segelfluges stammt von BAZIN 1890 (nach MAREY: *Le vol des oiseaux*) und wurde dann 4 Jahre später von LANCHESTER wieder erfunden. Es ist eine sog. russische Rutschbahn und

besteht zunächst aus einem langgestreckten, mit vier Rädern auf zwei Schienen fahrbaren Wagen, auf den eine Fahrbahn aufgesetzt ist, die aus einem Blechstreifen besteht, der in sanften Wellen immer höher ansteigt. Denkt man sich auf den höchsten Wellenberg an dem einen Ende der Bahn einen Ball aufgesetzt, so wird der während des Hinabrollens ins erste Wellental sich so verhalten wie ein in ruhender Luft nach abwärts losgelassener Gleitflieger. Beide gewinnen Geschwindigkeit, während ihre Höhe über dem Erdboden, über den Schienen, abnimmt. Dabei nähert sich für beide die Geschwindigkeitsrichtung immer mehr der Waagrechten. Steigt dann der Ball aus dem ersten Tal auf den nächsten, schon etwas niedrigeren Wellenberg, so entspricht dieser Bewegungsphase, die Wuchtverlust und Höhengewinn bringt, einem zufälligen Vergrößern des Anstellwinkels der Aeroplanfläche. Es entstehen auch Höhengewinn und Geschwindigkeitsverlust. Wegen der Reibung ist in beiden Fällen die erzielte Höhe nicht mehr so groß wie die Ausgangshöhe. In ganz gleicher Weise geht alles vor sich, wenn der Wagen, während der Ball von einem Wellenberg zum nächst niedrigeren läuft, sich auf den Schienen gleichmäßig weiter bewegt. Der Wagen vermag dem Ball dabei keine Beschleunigungen zu geben. Die bekommt er nur durch sein eigenes Gewicht. Damit ist aber die Analogie hergestellt für die Tatsache, daß sich eine Tragfläche in gleichmäßig wehendem Winde für einen mit dem Wind mitbewegten Beobachter so verhält wie eine in ruhender Luft herabgleitende für den feststehenden Beobachter auf der Erde. Nun soll aber die Rutschbahn ihrem eigentlichen Zwecke dienen, auch für den Fall den mechanischen Vergleich zu bilden, wenn die Windgeschwindigkeit schwankt, wenn Böen und Flauten einander folgen. Dazu setzen wir den Ball auf das andere Ende der Bahn, und zwar auf den niedrigsten Wellenberg. Zugleich schieben wir den Wagen hin und her und passen die Zeitdauer eines solchen Hin- und Herganges der Zeit an, die der Ball bei Bewegung von einem Wellenberg bis zum nächsten benötigt. Die durch die Luft bewegte Fläche muß sich selbstverständlich den Böen und Flauten anpassen. Alle Vergleiche hinken eben irgendwie. Vollständige Übereinstimmung entstände auf umständlichem Wege erst, wenn man sich den Wagen von zwei rechts und links angesetzten Federn gehalten denkt und ihn die durch die Federn vorgeschriebene waagrechte Schwingung auf den Schienen machen läßt und so lange verschiedene Wellenbleche auf ihm ausprobiert, bis für eines die Laufzeit des Balles von einem Wellenberg bis zum nächsten gleich der unabänderlichen Schwingungsdauer des Wagens ist. Doch ist es für unsere weiteren Betrachtungen ganz gleichgültig, ob sich der Ball dem Wagen oder der Wagen dem Ball anpaßt. Jetzt müssen aber noch die Phasen dieser beiden periodischen Bewegungen aufeinander abgestimmt werden. Es soll der Wagen so schwingen oder der Ball so losgelassen werden, daß der Wagen seine größte, mit dem Ball gleichsinnige Geschwindigkeit dann hat, wenn der Ball bergab läuft, daß er dem Ball aber am stärksten entgegen schwingt, wenn dieser bergan klettert. Wenn daher der Ball im Abwärtslaufen die Mitte des Abhanges passiert, seine größte Beschleunigung und somit am stärksten wachsende Geschwindigkeit z. B. nach rechts hat, dann hat der Wagen seine größte, ebenfalls nach rechts gerichtete Geschwindigkeit und keine Beschleunigung, er geht eben durch die Mittellage seiner Schwingungsbahn hindurch. Ist der Ball mit größter Geschwindigkeit im Tal angelangt, so ist der Wagen in seiner rechten Amplitude, er hat die Geschwindigkeit Null, die größte nach links gerichtete Beschleunigung und kehrt soeben um usw. Der Erfolg des wirklich durchgeführten Versuches ist nun der, daß der Ball befähigt wird, die der Reihe nach immer höher ansteigenden Wellenberge zu erklimmen, falls nur die Amplitude der Wagenschwingung genügend groß ist. Er kann sogar mit überschüssiger Geschwindigkeit auf dem höchsten Kamm ankommen. Wäre statt des Balles ein an den schiefen Flächen gleitender Körper angenommen worden, dann hätte durch das richtige Hin- und Herschwingen seiner Unterlage seine Reibung so weit bekämpft werden können, daß er wenigstens befähigt geworden wäre, über gleich hohe Bergrücken der Reihe nach hinwegzukommen.

Es stellt nun das Herabrollen oder Herabgleiten an dem einen Abhang, während sich die Unterlage im gleichen Sinne bewegt, das Eintreten einer Aeroplanfläche in eine Gegend geringerer Windgeschwindigkeit vor. Das kann geschehen, wenn ein Flugzeug aus einer Strömung längs eines Berges ins rückwärtige, strömungslose (Totwasser-)Gebiet einlenkt oder aus seiner bisherigen, gegen den Wind gerichteten Flugbahn ausdreht, um mit dem Winde zu fliegen. Es verliert dabei Höhe und gewinnt Wucht. Wenn dann im Gleichnis die Kugel auf den nachfolgenden, ihr entgegenkommenden Hang hinaufläuft, bekommt sie von ihm einen Impuls, der sie befähigt, mehr Höhe zu gewinnen, als sie zuvor verloren hatte. Und wenn der Segelflieger aus dem Totwasserbereiche wieder in den Wind hineinfliegt, und zwar so, daß dieser ihm entgegenkommt, oder aus der Flaute herauskurvt in die nächste Bö hinein, dann wird er ebenso wie die Kugel wohl gebremst, aber dabei um so viel in die Höhe steigen, daß der Zuwachs an potentieller Energie größer ist als der Wuchtverlust während des Steigens und des allfälligen Umkehrens. Soll nun so in der Bö immer gegen den Wind und in der Flaute mit dem Wind geflogen werden, so wird das Flugzeug ständig kreisen müssen, es wird seine Bahn, von der Erde aus gesehen, eine flachgängige Spirale werden, deren einzelne Windungen nicht vollständig waagrecht liegen und deren Achse flach gegen den Horizont geneigt ist und vom Winde mitgenommen erscheint. Und so sieht man auch oft die großen segelfliegenden Vögel ihre Kreise an Steilküsten oder an der Luvseite von Bergabhängen ziehen, indem sie dabei allmählich über den Bergkamm gegen die Leeseite weitergetragen werden. Der von Menschen ausgeführte Segelflug ist wohl immer eine Vereinigung des statischen und des dynamischen Fluges.

Windwalze und Segelflug. Damit nun zu den zwei Arten des Segelfluges eine dritte, im gleichmäßig und waagrecht strömenden Winde dazukäme, müßte die zweite der oben gezogenen Folgerungen durchbrochen werden. Es müßte einer Tragfläche eine Windwalze vorgebaut werden, und durch deren Rotieren müßten künstliche Windgeschwindigkeitsunterschiede geschaffen werden. Dazu wären aber folgende Bedingungen zu erfüllen: Es müßte erstens die steigende Tendenz der Kurven, die in Fig. 7 voll ausgezogen sind, mit noch größeren Werten v und u erhalten bleiben; es dürften aber die bisher ziemlich konstanten Rücktriebe nicht plötzlich stark zu wachsen beginnen; es müßten drittens die Versuchsergebnisse am kleinen Rotor auch für große Abmessungen gelten, und schließlich müßten die durch Menschenkraft erzielbaren Drehzahlen der Windwalze hinreichen, um den gewünschten Erfolg zu erzielen, stärkere Unterschiede der Windgeschwindigkeit zwischen der Ober- und der Unterseite der Tragfläche zu erreichen. Ob diese Bedingungen erfüllbar sind, könnten nur Versuche in größerem Maßstab entscheiden.

Kleine Mitteilungen.

Der günstigste Wurfwinkel beim sportlichen Wurf.

Von O. Brandt in Köln.

Anschließend an die Lehre vom schiefen Wurf liegt bei dem heutigen allgemeinen sportlichen Interesse eine Anwendung auf die sportlichen Wurfarten nahe, vor allen Dingen auch deshalb, weil sich am geworfenen Körper Bahn und Weite wirklich beobachten lassen. Dazu kommt, daß man den Einfluß des Luftwiderstandes bei den geringen Geschwindigkeiten mit viel größerer Berechtigung vernachlässigen darf, als bei den hohen Geschwindigkeiten der Geschosse¹.

¹ Methodische Bemerkungen: E. LAMPE: Mathematik und Sport. Leipzig 1929. — LAMPE-WAGNER: Mathematik und Wehrsport. Leipzig 1935. — E. LAMPE: Z. math.-naturw. Unterr. 58, 1 (1927); 59, 402 (1928); 64, 214 (1933); 65, 105 (1934). — Siehe auch BÖGEL: Z. math.-naturw. Unterr. 59, 49 (1928).

Nun werden die wirklichen Wurfwinkel wie auch etwa die Steigungen von Böschungen, Straßen usw. fast immer viel zu hoch geschätzt. Gegen die Anwendung des Satzes vom 45° Winkel auf den sportlichen Wurf erhebt sich wohl aus diesem Grunde oft kein Widerspruch, und der berühmte Winkel spukt sogar in Sportlehrbüchern als Rezept zur Erreichung maximaler Wurfweiten. Man wird bei genauer Beobachtung aber keinen guten Werfer finden, der diese physikalische Forderung auch nur annähernd erfüllt. Ich habe auch eine größere Anzahl Momentaufnahmen erfolgreicher Werfer, die mir in Sportzeitschriften und Büchern zugänglich waren, ausgemessen. (Die Aufnahmen müssen natürlich genau von der Seite gemacht sein.) Die Winkel lagen durchschnittlich zwischen 25° und 40° . Eines dieser Bilder¹ zeigt den Olympiasieger und ehemaligen Weltrekord-Inhaber MYRHÄ bei einem seiner damals unerreichten Speerwürfe, der sogar die erstaunlich geringe Anfangsteilheit von weniger als 20° aufweist. (Natürlich ist die Steilheit der Wurfbahn, nicht die des Speeres selbst gemeint. Allerdings soll sich im Idealfalle der Speer tangential an seine Bahn anlegen.) Offenbar wird also mit der Forderung des 45° Winkels eine physikalische Erkenntnis in einer Form auf den Wurfvorgang angewendet, in der sie nicht vorbehaltlos zutrifft.

E. LAMPE, der (l. c.) sehr ausführlich die mathematische Behandlung des sportlichen Wurfes gegeben hat, weist auf die Ungültigkeit der schulgemäßen Formel

$$x = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha \quad (1)$$

hin, wenn Abwurf und Aufschlagpunkt nicht in einer Waagerechten liegen. Unter Berücksichtigung der Abwurfhöhe gilt statt dessen die weiterhin angegebene Gleichung (2). Die Abweichung zwischen (1) und (2) macht sich besonders bei kleinen Wurfweiten, also etwa beim Kugelstoßen (Weite etwa 10 m) oder beim Steinstoßen bemerkbar. Da die werfende Hand sich rund 2 m über dem Erdboden befindet, wird die Wurfweite erheblich vergrößert, und an Stelle des „berichtigten maximalen Wurfwinkels von 45° “ hat nach LAMPE der „richtige maximale Wurfwinkel (etwa 38°)“ zu treten. Diese Erklärung genügt allerdings nicht bei den großen Wurfweiten der anderen Wurfarten. (Steinwurf über 100 m; Schlagballwurf bis 100 m; Handgranaten- und Speerwurf bis etwa 70 m. Der Diskuswurf scheidet aus, da sein Flug wesentlich aerodynamisch bestimmt ist²; das gilt in schwächerem Maße auch vom Speerwurf.) Bei den weiten Würfen verschwindet praktisch der Einfluß der Abwurfhöhe auf den günstigsten Abwurfwinkel. Der Fehler liegt hier vielmehr darin, daß willkürlich die gleiche Abwurfgeschwindigkeit v für jeden Wurfwinkel α angesetzt wird, wie es berechtigt ist bei einem Geschöß, dessen Anfangsgeschwindigkeit von der Stellung des Geschützrohres unabhängig ist. Diese Bedingung ist jedoch für den Wurf aus anatomisch-physiologischen Gründen auch nicht annähernd erfüllt, wie anschließend durch eine Messung von v als Funktion von α kurz gezeigt werden soll.

An die Meßgenauigkeit brauchen keine übertriebenen Ansprüche gestellt zu werden, da individuelle Unterschiede in Körperbau und Wurftechnik des Werfers die Schwankung der Ergebnisse sicher stärker beeinflussen als physikalische Meßfehler. Die Versuche setzen einen geübten Werfer voraus, der unter verschiedenen jeweils zu messenden Winkeln jedesmal mit „größter Kraft“ wirft.

Zur Messung der Wurfwinkel wurde 3,50 m hinter der Abwurfline (siehe Fig. 1) eine Schnur S gespannt, an der vorbei der Wurf erfolgte. Um eine Gewähr für die Genauigkeit des Wurfes zu haben, waren zwei weitere Schnüre angebracht, die eine 10 cm oberhalb und die andere 10 cm unterhalb der ersten. Zwischen beiden mußte der Wurf hindurchgehen. Mit Veränderung der Schnurhöhe verändert sich der Winkel zwischen der Linie Wurfhand-Schnur und der Waagerechten. Es ist $\tan \alpha = \frac{a}{b}$ (Fig. 1).

¹ Aus: PELTZER-HOFF: Der Weg zum Erfolg. Oldenburg 1927.

² R. W. POHL: Naturwiss. 19, 789 (1931).

Dieser Winkel ist der Wurfwinkel, natürlich unter Berücksichtigung der Tatsache, daß der geworfene Körper bis zum Erreichen der Schnur schon etwa 10 cm gefallen ist. Zu berücksichtigen war ferner auch, daß die Lage der Wurfhand sich mit dem Wurfwinkel etwas ändert. Beispielsweise betrug bei der Körpergröße 1,80 m die Handhöhe h bei 45°-Würfen etwa 2,10 m, bei 0°-Würfen etwa 1,70 m; die waagerechte Entfernung c der Hand von der Standlinie betrug entsprechend etwa 60 cm bzw. 85 cm.

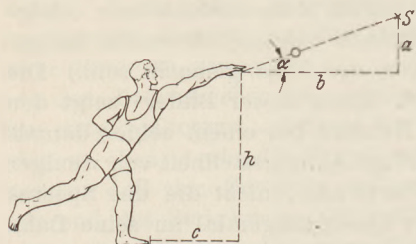


Fig. 1. Messung des Wurfwinkels.

Zur Fehlerabschätzung läßt sich die Unbestimmtheit in der Lage der Wurfhand im Abwurf zu etwa ± 10 cm angeben. Die Unbestimmtheit beim Passieren der Schnur ist durch die beiden Schnüre auch zu ± 10 cm festgelegt. Der maximale Fehler in der Winkelmessung beträgt daher etwa $\pm 4^\circ$. Wie sich aus (2) ersehen läßt, hat dieser Fehler merklicheren Einfluß auf das Ergebnis bei kleinen Wurf winkeln als bei größeren. Die Wurfweite selbst ließ sich jedesmal sehr genau bestimmen, da der Wurfkörper — eine Steinkugel mit 3,2 cm Durchmesser und 77 g Gewicht — mit Kreidepulver eingerieben wurde, so daß er bei seinem Auftreffen eine gut sichtbare Marke hinterließ.

Die graphische Aufzeichnung (Fig. 2) stellt als Beispiel das Ergebnis einer Meßreihe „aus dem Stand“ dar. Versuchsobjekt war ein sportlich geschulter guter Werfer, dessen weitester Wurf 115 m betrug. Die Werte sind Mittelwerte aus je 5 Würfen. (Winkel: 45°, 35°, 30°, 20°, 10°; zugehörige Weiten: 75, 103, 101, 93, 51 m.) Die Kurve I zeigt die Wurfweite als Funktion des Wurfwinkels. Man sieht deutlich, daß bei 45° schon ein erheblicher Rückgang in der erreichbaren Wurfweite eingetreten ist, während die Wurfweiten bei 35°, 30° und sogar noch bei 20° einander fast gleich sind.

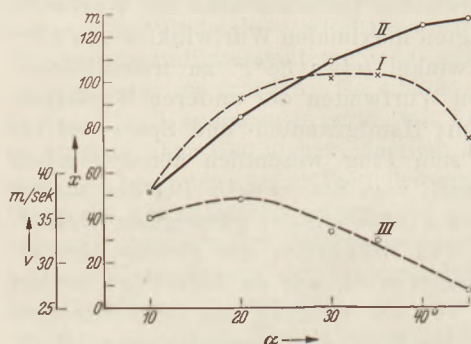


Fig. 2. Kurve I: Wurfweite $x = f(\alpha)$ gemessen;
 „ II: $x = f(\alpha)$ berechnet;
 „ III: Anfangsgeschwindigkeit $v = f(\alpha)$.

Aus den bekannten Gleichungen

$$x = v \cdot t \cdot \cos \alpha \quad \text{und} \quad y = v \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\text{folgt:} \quad v^2 = \frac{x \cdot g}{\left(\tan \alpha - \frac{y}{x} \right) 2 \cos^2 \alpha} \quad (2)$$

(x = Wurfweite, α = Wurfwinkel,
 $y = -h$ = Abwurfhöhe der Hand,
 v = Anfangsgeschwindigkeit.)

Hiernach wurden die Anfangsgeschwindigkeiten berechnet und die Werte in Kurve III aufgetragen¹. Es zeigt sich eine überraschend starke Abhängigkeit der Anfangsgeschwindigkeit vom Wurfwinkel. Die Geschwindigkeit nimmt bei Vergrößerung des Winkels über etwa 25° schnell ab. (Die geringe Abnahme unterhalb etwa 20° zeigt sich nicht in allen Meßreihen. Da, wie gesagt, die Meßfehler bei kleinen Winkeln sich stark bemerkbar machen, soll aus diesem Verhalten kein bindender Schluß gezogen werden.) Wäre v — z. B. 35 m/sec — von α unabhängig, so wäre die Wurfweite durch die Kurve II gegeben, die mit der gemessenen Kurve auch nicht annähernd übereinstimmt. Meßreihen mit einer Anzahl jüngerer Schüler, deren Wurftechnik noch ungeschult und „natürlich“ ist, brachten ein gleiches Ergebnis. Die mittleren Wurfweiten mit Winkeln zwischen 30° bis 35° waren bei jeder einzelnen Meßreihe das 1,05- bis 1,4fache der mittleren Wurfweiten bei 45°.

Obgleich die Frage nach dem Grunde dieser „unerwünschten“ Abhängigkeit aus dem physikalischen Gebiete hinausführt, sei doch eine kurze Andeutung gegeben. Die

¹ Die Vernachlässigung des Luftwiderstandes fälscht die berechneten Werte der Anfangsgeschwindigkeit für alle Winkel um Beträge, die nur wenig voneinander abweichen (rund 2 m/sec).

Ausführungsart des Wurfes, die Wurftechnik, ist bestimmt durch die physiologischen Bedingungen. Der durch Abstemmen des wurfseitigen Beines und Vorbringen der Hüfte eingeleiteten Körperbewegung folgt ein schnelles Vorbringen des bis dahin zurückgehaltenen Oberkörpers und der Wurf Schulter. Diese Bewegung weist im wesentlichen nach vorn. Die Steilheit der normalerweise dabei vom Schultergelenk bestrichenen Linie beträgt bestenfalls 20° bis 25° . Bei größerer Steilheit ist die „Hubarbeit“ zu groß, so daß die Schnelligkeit der Ausführung — physikalisch gesprochen die Geschwindigkeit — geringer wird. Die sich anschließende Armbewegung, deren Bewegungsablauf übrigens sehr verwickelt ist, ist zwar in ihrer Steilheit nicht beschränkt. Es läßt sich aber einsehen, daß eine weniger steile Bewegung, die der Körperbewegung besser folgt und ein weiteres Vorholen der Wurfhand ermöglicht, auch zu einer größeren Abwurfgeschwindigkeit führen wird.

Wenn sich je nach Wurfgerät, Wurftechnik und Körperbau des Werfers auch große Unterschiede zeigen, so bleibt das Ergebnis doch im ganzen gültig. Es erscheint mir wichtig, daß diese Tatsache im Unterricht wenigstens kurz erwähnt werde, um zu verhindern, daß infolge einer mißverstandenen Schulweisheit das Märchen vom 45° -Winkel immer wieder in der sportlichen Praxis auftaucht. Eine bedauerliche physikalische Unexaktheit ließ es auch an einige Stellen der physikalischen Schulliteratur gelangen, wohl getragen von dem an und für sich begrüßenswerten Wunsch nach zeitgemäßen Anwendungsaufgaben.

Beobachtungen zur Mondentfernung.

Von S. Janß in Wandsbek.

Die Parallaxe des Mondes beträgt bis zu 1° ; das ist eine Größe, die dem Schulfernrohr mit 660 mm Brennweite unbedingt zugänglich (12 mm), ja selbst bei der Handkamera zu 135 mm Brennweite mit 2,4 mm noch sehr genau meßbar ist, wenn nicht andere Schwierigkeiten auftreten würden. Aber es sind auch andere Vorgänge beobachtbar, die mit der Entfernung zusammenhängen. Davon sollen hier die Größenänderung mit der Höhe und die parallaktische Libration untersucht werden.

Alle Beobachtungen werden an photographischen Mondaufnahmen in der Bildebene des Objektivs eines Schulfernrohrs von Merz gemacht¹. Durch das Okular vergrößerte Aufnahmen halte ich für durchaus ungeeignet: die Bilder sind verzerrt, leicht nachweisbar an einem mit der Sonne zugleich projizierten Mikrometer in der Bildebene; wegen der verminderten Helligkeit muß man ferner nachführen, und das ist bei solchen Vergrößerungen mit der Hand nicht gut möglich, erfordert also ein Uhrwerk; auch kann man nicht die Richtung des Parallels durch eine Doppelaufnahme bei unbeweglichem Rohr festlegen (vgl. unten); die Okularkamera ist schwieriger zu bauen.

Die Aufnahmen werden mit der früher beschriebenen Kamera gemacht². In den Raum *b* (Fig. 1 auf S. 145 in A) der Kamera *K* kommt ein Gelbfilter. Dies muß alle auf orthochromatische Platten wirksamen Wellenlängen absorbieren, die nicht zum hinreichend ebenen Teile des sekundären Spektrums gehören. Geeignet ist das Agfa-Filter Nr. 5; es absorbiert alle Wellenlängen kleiner als 5100 ÅE. Das Filter wird folgendermaßen befestigt: Brett *c* (vorliegende Fig. 1) hat fast die Länge von

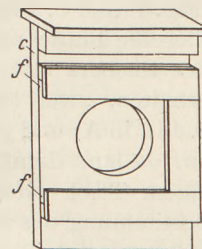


Fig. 1. Befestigung des Gelbfilters.

¹ Leider ist die Firma Merz erloschen, so daß man nicht mehr für 165 RM ein brauchbares Rohr erwerben kann. TREMEL, Obermenzing bei München, früherer Mitarbeiter von Merz, bietet ein Rohr folgender Ausrüstung an: Objektiv 55 mm; $f = 825$ mm; 2 Okulare, Sonnendämpfglas, zwei Teilkreise, verstellbare Polhöhe, Kugellager für die Polachse, Preis RM 215,—. Die drei zuletzt genannten Zubehörteile sind beim Merzschen Rohr nicht vorhanden und begründen den Preisunterschied; das Kugellager ist zum Nachführen bei photographischen Aufnahmen unbedingt erwünscht.

² Diese Zeitschrift 46, 145 (1933), hier stets mit A bezeichnet.

Raum *b* (Fig. 1 auf S. 145 in A) und ist nur so dick, daß auch noch das Filter in den Falzen *f* (vorliegende Fig. 1) aus Pappe untergebracht werden kann (Filtergröße $30 \times 30 \text{ mm}^2$ genügt). Als photographische Platte empfiehlt sich Perutz-Silbereosin; sie ist sehr feinkörnig, stark orthochromatisch und hat eine steile Gradation. Bei gleicher Belichtungszeit von mehr als 0,2 sec sind die Schwärzungen ebenso stark wie bei den nach SCHEINER-Graden erheblich empfindlicheren Platten. — Zur Belichtung schiebt man in den Falz der Objektivkappe (Fig. 6 auf S. 147 in A) ein passend geschnittenes Stück eines alten Heftumschlages oder ein Stück dünnes Sperrholz (Flugzeugmodellbau); davor hält man ein größeres Stück Pappe (etwa $25 \times 25 \text{ cm}^2$); dann entfernt man den Objektivverschluß aus dem Spalt wieder, gibt mit der Pappe das Objektiv etwa $\frac{1}{5}$ sec frei und verschließt das Objektiv wieder; das ergibt nur eine unerhebliche Unschärfe durch die tägliche Bewegung des Mondes (etwa 0,01 mm bei 660 mm Brennweite, bei längeren Rohren entsprechend mehr; man muß dann wohl empfindlichere Platten wählen und mit Momentverschluß arbeiten; ich habe aber keine Erfahrung darin). Ich entwickle 5 min mit Rodinal 1:10 nach Möglichkeit ohne rotes Licht. — Die günstigste Stellung des Auszuges gegenüber der Teilung *M* (Fig. 1 auf S. 145 in A) findet man am schnellsten durch Probeaufnahmen mit 0,2 mm verschiedenen Einstellungen um die mit einer Mattscheibe roh ermittelte Stellung; man kann danach versuchen, zu beiden Seiten der so gefundenen Stellung noch auf 0,1 mm einzustellen, im allgemeinen aber mit wenig Erfolg, da die unterschiedliche Unschärfe dann jeweils nur etwa $\frac{1}{120}$ mm ist. Mehr als 0,2 mm unsicher darf die Einstellung aber nicht sein, da darüber hinaus die Unschärfe mehr als 0,02 mm wird. Auf dieselbe Platte kann man dadurch, daß man sie verschiebt, mehrere Aufnahmen bringen. Diese Bestimmungen haben nur bei ruhiger Luft Wert, weil sonst leicht Irrtümer entstehen; es ist darum zu empfehlen, mindestens zwei Aufnahmen gleicher Einstellung nebeneinander zu legen. Für alle Aufnahmen muß man dieselbe Metallkassette nehmen, da sonst auch Einstellungsunterschiede möglich sind; trotzdem erhält man nicht immer gleichmäßig brauchbare Aufnahmen. Daher empfiehlt es sich, mit Hilfe des Suchers (Fig. 1 auf S. 145 in A) immer schnell hintereinander mindestens 8 Aufnahmen auf dieselbe Platte zu machen bei verschiedenen Belichtungen. Vier kann man mit Hilfe des Suchers stets ohne Verschiebung der Kassette im Raum *a* (Fig. 1 auf S. 145 in A) erhalten, zwei über dem „waagerechten“ Faden des Suchermikrometers (Fig. 2 auf S. 146 in A) und zwei darunter. — Den Sucher bringt man vorteilhaft nahe dem Objektiv an, da man dann bei auf der Erde stehendem Rohre bequemer hineinsehen kann. Auf einem Tisch oder Stuhl darf das Rohr nämlich dann nicht stehen, wenn man zur Bestimmung des Parallels zwei Aufnahmen bei feststehendem Rohr nebeneinanderlegen will (vgl. unten), weil dann durch Schwanken der Unterlage Fehler entstehen können. Aus gleichem Grunde muß dann das Rohr auch mindestens $\frac{1}{4}$ Stunde vorher an den Aufstellungsort gebracht werden, damit bei den Aufnahmen der Temperatenausgleich schon erfolgt ist.

Die Vermessung geschieht auf dem früher beschriebenen Meßtisch (Fig. 3 auf S. 146 in A). Es ist vorteilhaft, wenn das verwendete Mikrometer nicht zu kurze Striche hat, da man bei Durchmessermessungen nur schwer beurteilen kann, ob das Mikrometer durch die Mitte geht; für die Vermessung der parallaktischen Libration sind längere Striche unbedingt nötig, denn der für Vermessung geeignete Punkt wird nur selten auf dem durch die Mitte gehenden Deklinationskreis liegen. Netzmikrometer sind an sich sehr bequem, haben aber den Nachteil, daß die zu vermessenden Punkte leicht in den vielen Linien verschwinden. Ich habe stets mit einer längeren Glas-
teilung der Firma J. D. Möller in Wedel in Holstein gemessen (S. 146, Anmerkung, in A).

Zur Beurteilung der Genauigkeit wird stets angenommen, daß Messungen auf 0,01 mm genau sind. Das dürfte in Wirklichkeit kaum erreicht werden; denn am Mondrand sind die Schätzungen der Zehntelskalenteile durchaus unsicher, weil ein Teil des Intervalls heller ist als der andere; nur Mittelbildung aus mehreren Messungen

kann 0,01 mm Sicherheit ergeben. Sollen 0,01 mm sicher sein, dann dürfen durch Ungenauigkeit der Formeln und der Zeiten nicht Fehler von 0,005 mm entstehen.

1. Änderung der Mondgröße mit der Höhe¹.

In Fig. 2 ist E der Erdmittelpunkt, B der Beobachter, ϱ der geozentrische Radius, z' die Zenitdistanz des Mondes, R dessen geozentrische Entfernung, R' der Abstand vom Beobachter und π die Parallaxe. Man erkennt sehr leicht, daß R' sich mit z' ändert; je kleiner z' , desto kleiner R' . Mit R' ändert sich auch die scheinbare Mondgröße in B , und daraus läßt sich roh die Entfernung ableiten. Die Anforderungen an die Genauigkeit der Formeln ergeben sich folgendermaßen: Man erkennt an der Fig. 2 ohne weiteres, daß die maximale Schwankung einen Erdradius oder $1/60$ des Abstandes und damit auch der scheinbaren Größe beträgt. Das ist bei 660 mm Brennweite rund 0,1 mm (bei den größten in der Schule üblichen Rohren von wohl 1500 mm Brennweite etwa 0,25 mm; die hierfür geltenden Werte sollen stets in eckigen Klammern hinzugefügt werden). — Die Durchmesser selbst sind mit einer Meßgenauigkeit von 0,01 mm nur auf $1/600$ [$1/1500$] als sicher anzusehen.

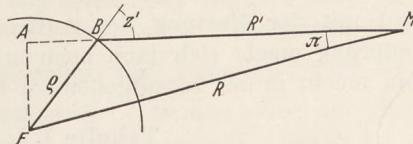


Fig. 2. Änderung der scheinbaren Mondgröße mit der Zenitdistanz.

Nach Fig. 2 ist $R' = AM - AB = R \cdot \cos \pi - \varrho \cdot \cos z'$; da π maximal nur 1° ist, weicht $\cos \pi$ nur um $1/7000$ von der Einheit ab; also ist hinreichend genau $R' = R - \varrho \cdot \cos z'$. Ist d der Monddurchmesser auf der Platte, dann ist für zwei verschiedene Werte von z $d' : d'' = R'' : R'$ oder $(R' - R'') : R'' = (d' - d'') : d' = \frac{\Delta d}{d'} = \frac{\varrho \cdot (\cos z' - \cos z'')}{R''}$. Dann wird

$R'' = \frac{d'}{\Delta d} \cdot \varrho \cdot (\cos z' - \cos z'')$. Es kann aber unbedenklich $\varrho = 1$ gesetzt werden (Fehler 0,2%); auch kann man R'' durch R ersetzen, da der Fehler nur $1/60$ ist bei einer möglichen Genauigkeit von $1/10$ [$1/25$]. Also erhält man schließlich $R = \frac{d'}{\Delta d} \cdot (\cos z' - \cos z'')$.

Man kann überlegen, wie genau z gemessen werden muß. Der Fehler Δz kann so groß sein, daß $\Delta \cos z$ etwa 1 : 1200 [$1 : 3000$] von $(R - \cos z)$ oder rund 60 ist, also 0,05 [0,02]; dazu gehört für $z = 90^\circ$ (Horizont) nach der Tabelle der natürlichen Funktionswerte $\Delta z = 3^\circ$ [70'] und für $z = 0^\circ$ entsprechend 18° [11°]. Dadurch hat man die Gewißheit, daß die Refraktion selbst im Horizont mit mehr als 30' nicht stört, der Unterschied von geozentrischer und geographischer Zenitdistanz mit maximal etwa 11' bedeutungslos ist, jedes einfache Instrument zur Messung genügt und die Höhe nicht streng gleichzeitig mit der Aufnahme gemessen zu werden braucht, sondern unmittelbar vorher und nachher sich noch brauchbare Werte ergeben. Bei langen Rohren ist es aber wohl zu empfehlen, für die Höhenmessung nahe dem Horizont auf den unteren Rand einzustellen, damit sich nicht alle Fehler addieren können. Man erkennt auch, daß die Genauigkeit dadurch nur unwesentlich herabgesetzt wird, daß $z = 0$ in unseren Breiten nicht möglich ist.

Für die Untersuchung ist praktisch lediglich der Vollmond brauchbar; denn im Horizont kann man nur den waagerechten Durchmesser messen, weil er allein nicht durch Refraktion verändert wird und nur bei Vollmond nicht durch die Phase beeinträchtigt ist. Im allgemeinen wird man im Winter die günstigsten Ergebnisse erhalten, da dann z bei Vollmond am kleinsten gewählt werden kann. Eine Aufnahme macht man möglichst nahe dem Horizont; das bereitet aber wegen des Dunstes und der Dämmerung Schwierigkeit; infolgedessen muß man länger belichten (bis zu 1 sec), und die Helligkeit des Himmels gibt kräftigen Schleier; darum kann man ohne Verschiebung der Platte nur eine Aufnahme machen.

¹ Auch RUSCH, Beobachtung des Himmels mit einfachen Instrumenten, S. 32, macht auf diese Verhältnisse aufmerksam, aber ohne zuverlässige Anleitung; es ist z. B. nicht vorteilhaft, wenn der Mond im Äquator steht.

Zu beachten ist, daß zwischen der Aufnahme im Horizont und derjenigen im Meridian bis zu 8 Stunden liegen. In dieser Zeit ändert sich die scheinbare Größe auch infolge der Bewegung in elliptischer Bahn. Der Betrag läßt sich gut abschätzen an $R_1 = R_0 \cdot (1 - e \cdot \cos E)$, worin R_0 die große Bahnhalbachse und E die sog. exzentrische Anomalie bedeuten. In 8^h ändert sich E im Mittel um reichlich 4°; das hat den größten Einfluß für $E = 90^\circ$; dann ist $\Delta \cos E = 0,08$. Setzt man $e = 0,05$, so ist die relative Änderung $0,05 \cdot 0,08 = 0,004$. Das beeinflusst den Durchmesser auf der Platte mit $0,004 \cdot 6 = 0,024$ mm [0,06 mm], also durchaus merklich. Der Fehler wird eliminiert, wenn man zwei Aufnahmen bei hinreichend gleichem z macht, nämlich eine über dem Ost- und eine über dem Westhorizont; das Mittel aus beiden Aufnahmen wird mit der Messung der Aufnahme im Meridian verglichen; die ungleichmäßige Änderung macht sich dann noch nicht bemerkbar. — Ein anderer Weg ist folgender: Man macht in der voraufgehenden oder folgenden Nacht auch noch eine Aufnahme im

Tabelle 1.

Nr.	MEZ. 1936, II d h	d mm 0,01	z	$\cos z$	$\frac{\cos z' - \cos z''}{\cos z''}$	Δd	Korr.	d_0	Δd_0	R
1	5 17,7	584	71	0,33	0,50	3	1	583	4	73
2	5 23,2	587	34	0,83				587		
3	6 4,4	581	67	0,39	0,44	6	1	582	5	51
4	6 17,2	575	85	0,09	0,69	7				
5	6 17,3	577	84	0,10	0,68	5				
6	6 17,6	576	82	0,14	0,66	6				
7	6 18,4	577	75	0,26	0,52	5				
8	7 0,8	582	39	0,78				582		
9	7 5,8	576	76	0,24	0,54	6	1	577	5	62
10	7 6,7	575	83	0,12	0,66	7	1	576	6	63

Meridian. Durch Vergleichung dieser mit der Hauptaufnahme im Meridian findet man hinreichend genau die Änderung in etwa 25 Stunden und kann dann die anderen Werte entsprechend korrigieren. Dieses Verfahren wird bei den unten angegebenen Aufnahmen angewandt (Tabelle 1).

Die Zahlen der Kolonne „Korr.“ sind folgendermaßen errechnet: Aus den Aufnahmen

Nr. 2 und 8 folgt, daß der Mond Durchmesser in 25,5 Stunden sich um 0,05 mm ändert (in Übereinstimmung mit der Ephemeride, die 15'' ergibt). Entsprechend sind dann Nr. 1 und 3 sowie 9 und 10 um die angegebenen Werte zu korrigieren. Danach ergeben sich dann für d_0 und Δd_0 die in den beiden folgenden Kolonnen angegebenen Werte. Die Aufnahmen 4 bis 7 wurden nicht weiter benutzt, sämtliche Durchmesser (vielleicht 7 ausgenommen) sind zu klein. Das kommt daher, daß der Abstand vom Vollmond noch zu groß war (rund 18 Stunden); die Phase stört noch; denn wegen Refraktion muß man den waagerechten Durchmesser messen, und gerade der ist durch die Phase beeinflusst, wie man auch auf den Aufnahmen noch erkennen kann. Man kann zwar den Einfluß auch roh, aber im allgemeinen ausreichend beachten. Bei Aufnahme 2 bestimmt man aus den entsprechenden Durchmessern 5,87 und 5,73 mm die Phase zu $90^\circ + 72^\circ$. In der Stunde ändert sie sich im Mittel um etwa $0,55^\circ$, und daraus findet man die anzubringende Korrektur zu 0,02 mm. — Die beiden letzten Werte für R sind auffallend genau. Das ist aber nur Zufall; denn nimmt man Δd nur um 0,005 mm anders an, so werden die Streuungen schon beträchtlich. Darum streuen die Werte aus Nr. 1 und 3 auch ganz erheblich. Würde man aber aus „korrespondierenden“ Höhen d mitteln, so würden die Werte erheblich unsicherer, da es wegen der Phase unzulässig ist. An 9 und 10 ist diese Korrektur nicht mehr nötig, weil sie nur noch einen Abstand von 6 Stunden oder 3° in Phase vom Vollmond haben; dann ist die Störung nur etwa 1:800. — Bei allen Aufnahmen in kleiner Höhe, kleiner als 36° , muß man wegen der Refraktion den waagerechten Durchmesser messen; den findet man hinreichend genau, indem man eine Kante der Kassette nach Augenmaß waagerecht macht.

Mit einer Handkamera von 135 mm Brennweite erhält man auch noch eine Andeutung des Effekts von 0,02 mm.

2. Parallaktische Libration.

Die oben angegebenen Aufnahmen bieten noch eine zweite Möglichkeit einer rohen Bestimmung der Mondentfernung. Der Grundgedanke ist folgender: Der Beobachter

dreht sich mit der Erde auf dem Breitenkreis $B_0 B_t$ (Fig. 3) mit dem Radius $\varrho \cdot \cos \varphi'$ (ϱ = geozentrischer Radius in Einheiten des Äquatorradius, φ' = geozentrische Breite). Es sei zunächst angenommen, daß der Mond sich in derselben Ebene befindet. Dem Beobachter B_0 (Mond im Meridian) erscheint der Punkt P der Mondoberfläche nach P_0 auf die Mondscheibe projiziert, dem Beobachter in B_t (Mond im Stundenwinkel t) dagegen nach P_t . Die Verschiebung auf der Platte sei p (Monddurchmesser wieder d). Dann gilt die Gleichung $(R - \sigma) : \varrho \cdot \cos \varphi' = \sin t : \sin \pi$ (σ = Mondradius in Einheiten des Äquatorradius). π ist aber bestimmt nach $\tan \pi = 2 \cdot p : d$; es ist in unseren Breiten maximal nur $0,6^\circ$. Dann unterscheiden sich $\sin$ und $\tan$ nur um 1 : 60 000 bzw. 1 : 30 000 vom $\arcsin$; σ ist etwa 1 : 200; ϱ weicht nur um 0,2% von der Einheit ab, und $\cos \varphi'$ und $\cos \varphi$ unterscheiden sich nur um noch nicht 1% (11'). Mit diesen Näherungen kann man also setzen $R = \frac{\cos \varphi \cdot \sin t \cdot d}{2 \cdot p}$. Die Vernachlässigungen sind zulässig, da die Verschiebung zwischen den beiden extremen Stundenwinkeln $+6^h$ und -6^h nur etwa 0,06 mm beträgt [0,15 mm], also nur 16% [7%] Genauigkeit erreicht werden kann.

Diese Erscheinung wird als parallaktische Libration bezeichnet. (Als Bahnlibration bezeichnet man Verschiebungen dieser Art durch die Bewegung in elliptischer Bahn und durch Achsenneigung; die geringe physische Libration wird durch tatsächliche Schwankungen der Mondachse hervorgerufen.)

Außer der parallaktischen Libration in Rektaszension, die oben dargestellt wurde, gibt es auch noch eine solche in Deklination, wenn der Mond nicht wie angenommen in der Ebene des Breitenkreises steht, sondern in der Deklination δ . Sie ist kleiner, da der Faktor $\sin \delta$ auftritt, der beim Mond nur etwa 0,45 erreichen kann.

Man kann hier untersuchen, wie genau t gemessen werden muß. Es ist rund $p = 0,03 \cdot \sin t$ [0,07 · sin t]; die Unsicherheit Δt ist $0,03 \cdot \{\sin(t + \Delta t) - \sin t\}$, und das darf nicht 0,0025 mm betragen, d. h. $\sin(t + \Delta t)$ und $\sin t$ dürfen sich nicht um $0,0025 : 0,03 = 0,08$ [0,03] unterscheiden. Das entspricht in der Gegend von 90° etwa 23° [14°] oder $1,5^h$ [fast 1 Stunde]. Dies ist günstig, wenn Zeiteinteilung, Umgebung, Refraktion oder Dämmerung stören; außerdem genügt in diesen Stellungen eine sehr rohe Bestimmung von t . — Für $t = 0^\circ$ ist die zulässige Abweichung nur rund 5° oder 20 min [2° oder 8 min].

Diese relativ einfachen Verhältnisse werden nun leider durch die Bahnlibration gestört, die in 12 Stunden rund 0,06 mm betragen kann. Man kann sie beachten, indem man an den Messungen die Korrekturen nach dem Berliner astronomischen Jahrbuch (Ephemeride für Mondkrater Mösting A) anbringt. Man kann sie aber auch aus eigenen Messungen finden, indem man ebenfalls wie oben in der vorhergehenden oder folgenden Nacht Aufnahmen beim Meridiandurchgang macht und an diesen die Bahnlibration mißt und dann nach den Zeiten die Korrektur anbringt. — Da man ferner gegen einen Rand vermißt, muß man alle Messungen auf dieselbe Größe zurückführen.

Die Aufnahmen macht man auch vorteilhaft im Winter bei Vollmond. Dann hat man für die Aufnahmen reichlich 13 Stunden Zwischenzeit zur Verfügung, ohne durch Dämmerung gestört zu sein; auch steht der Mond dann hinreichend hoch, so daß die Refraktion unmerklich bleibt. Jedoch gestatten die großen zulässigen Abweichungen von $t = 90^\circ$ auch andere Phasen und Jahreszeiten.

Über die Aufnahmen ist folgendes zu sagen. Man soll die Verschiebung in Rektaszension messen; darum muß die Richtung des Parallels ersichtlich sein. Dies erreicht man durch zwei Aufnahmen bei feststehendem Rohr mit einer Zwischenzeit, die etwas größer ist als die zur Bewegung des Mondes um seinen eigenen Durchmesser

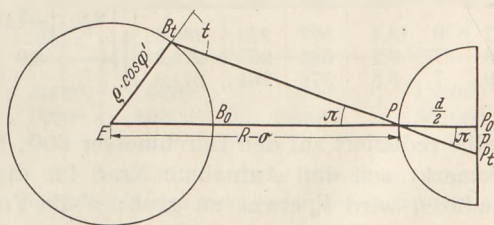


Fig. 3. Parallaktische Libration.

(etwa 2,5 min). Die Verbindungslinie entsprechender Punkte beider Aufnahmen gibt die gewünschte Richtung für diesen Zweck hinreichend genau an; Abweichungen durch Krümmung des Parallels auf der Platte und durch Bewegung des Mondes in Deklination machen sich wohl bemerkbar, aber nur mit Beträgen, die die sonstigen Fehler nicht erreichen. In der Zeit zwischen den beiden Aufnahmen darf man die Kassette nicht schließen, da man dann das Fernrohr leicht merklich drehen würde.

Zur Vermessung sucht man sich nahe der Mitte einen gut markierten scharfen Punkt. Durch diesen legt man in beiden Aufnahmen das Mikrometer mit den längeren

Strichen oder ein Netzmikrometer und schätzt für Rand und Punkt die Zehntelskalenteile, möglichst in beiden Aufnahmen. Tabelle 2 enthält die Werte.

Tabelle 2.

Nr.	Zeit (MEZ.) 1936 Febr. d h		d	s	s_0	b_0	p'	b	p	R
1	5	17,7	584	281	288,7	8,9	9,8	3,7	6	60
2	5	23,2	587	278	284,2					
3	6	4,4	581	270	278,9					
7	6	18,4	577	270	280,8	8,9	-1,9	4,9	-7	51
8	7	0,8	582	267	275,3					
9	7	5,8	576	261	271,9					

Alle Größen sind in 0,01 mm angegeben; d ist der Durchmesser auf der Platte, s der Abstand von dem nicht durch Phase gestörten Rand; s_0 das-

selbe reduziert auf den Durchmesser 600; b_0 ist die Bahnlibration zwischen Nr. 2 und 8. Bemerkt sei, daß Aufnahme Nr. 8 für diesen Zweck etwa 40 min zu spät erfolgte; dadurch wird b_0 etwas zu groß; p' die Verschiebung zwischen den extremen Stundenwinkeln; b der Anteil der Bahnlibration in der Zeit zwischen den Aufnahmen; es ist dann $p = p' - b$; s_0 , b_0 , p' und b sind mit einer Stelle mehr gerechnet, um nicht durch Abrundung weitere Unsicherheit hervorzurufen. Dann ist, da $\sin t = 1$ gesetzt werden kann, $R = \frac{\cos \varphi \cdot d}{p} = \frac{0,6 \cdot 600}{p}$.

Die Formel wurde abgeleitet für einen Punkt der Mondmitte; andere Punkte zeigen dieselbe Erscheinung, nur mit geringerem Betrage. Nach Fig. 4 ist die Verschiebung mit $AP' = \frac{d}{2} \cdot \cos \gamma$ proportional. Abweichungen von dem Betrage für einen Punkt der Mondmitte treten also erst dann auf, wenn $\cos \gamma$ merklich von 1 abweicht.

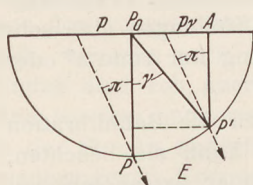


Fig. 4. Abhängigkeit der parallaktischen Libration von der Lage des Punktes auf dem Mond.

Bei einem Gesamtbetrage von 0,06 mm [0,15] darf die Verkleinerung demnach nicht 0,005 mm oder $\frac{1}{12}$ [$\frac{1}{30}$] des Wertes sein. Dann kann $\gamma = 20^\circ$ [12°] sein. Also kann nach Fig. 4 der Abstand von der Mitte demnach $d/2 \cdot \sin \gamma = 1$ mm betragen [1,5].

Mir scheint, daß man die Tatsache der parallaktischen Libration auch als Nachweis der Erdrotation werten kann; denn unter Annahme der Erdrotation kann man die Erscheinung vorhersagen; ihre tatsächliche Beobachtung bestätigt demnach die Vermutung. Die Kombination mit der Bahnlibration ist durchaus vergleichbar dem Zusammenwirken von Eigenbewegung der Planeten und dem Erdumlauf bei der scheinbaren Bahn der Planeten. Die dort auftretende Rückläufigkeit ist analog der „Rückläufigkeit“ zwischen den Aufnahmen Nr. 3 und 7; der Unterschied liegt lediglich darin, daß die Eigenbewegung eines Planeten immer in der gleichen Richtung erfolgt, die Bahnlibration dagegen periodisch ist. Benutzt man die Planetenrückläufigkeit als einen Beweis für den Erdumlauf, so muß man die parallaktische Libration als Nachweis der Erdrotation gelten lassen. Man erreicht also zweierlei: 1. ermittelt man die Mondentfernung, und 2. liefert man einen Nachweis für die Erdrotation.

Die Aufnahmen in wechselnder Höhe demonstrieren auch die differentielle Refraktion und deren Abhängigkeit von der Höhe. Für einen Vergleich mit Tabellen stört aber wieder, daß man im allgemeinen nicht hinreichend streng Vollmond hat. Diese Störung

ist bei Sonnenaufnahmen nicht vorhanden. Gut möglich sind aber Untersuchungen über die Libration durch Bewegung in elliptischer Bahn und durch Neigung der Achse gegen die Mondbahn. Das gelingt bei geeigneten Bahnverhältnissen durch Aufnahmen an aufeinanderfolgenden Tagen beim Meridiandurchgang. Aber das Wetter war dafür bisher noch nicht günstig.

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Eine Prüfung des Planckschen Strahlungsgesetzes im ultravioletten Spektralbereich mit Hilfe der Lichtzählrohrmethode. Von Dr. J. BÖHME in Berlin.

Ein schwarzer Körper, der sich auf der absoluten Temperatur T befindet, möge senkrecht zur Oberfläche ins Vakuum eine monochromatische, geradlinig polarisierte Strahlung von der Wellenlänge λ emittieren; die Intensität E_λ dieser Strahlung läßt sich dann durch die bekannte PLANCKSCHE Strahlungsformel berechnen:

$$E_\lambda = \frac{c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{c h / k \lambda T} - 1} = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{c_2 / \lambda T} - 1}. \quad (1)$$

In dieser Formel bedeuten: c = Lichtgeschwindigkeit, h = PLANCKSCHE Wirkungquantum, k = BOLZMANNSCHE Konstante.

$$c_1 = 5,88 \cdot 10^{-6} \text{ Erg cm}^2 \text{ sec}^{-1} \\ = 0,410 \cdot 10^{-12} \text{ cal cm}^2 \text{ sec}^{-1},$$

$$c_2 = 1,4320 \text{ cm Grad} = 14320 \mu \text{ Grad}.$$

Da man häufig statt der Wellenlängen mit den entsprechenden Frequenzen ν rechnet, so lautet die entsprechende Gleichung für die Strahlungsintensität $\mathfrak{R}_\nu$, auf die Schwingungszahl ν bezogen,

$$\mathfrak{R}_\nu = \frac{h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h \nu / k T} - 1}. \quad (1a)$$

Es ist also nicht E_λ gleich $\mathfrak{R}_\nu$, sondern es ist $E_\lambda d\lambda = \mathfrak{R}_\nu d\nu$, wenn sich $d\lambda$ und $d\nu$ auf das gleiche Spektralintervall beziehen, nämlich $\lambda + d\lambda$ bzw. $\nu + d\nu$, aus welchem die zu untersuchende Strahlung kommt. Aus der Beziehung

$$c = \lambda \nu$$

folgt, wenn $d\lambda$ und $d\nu$ beide positiv genommen werden, durch Differentiation

$$d\nu = c \frac{d\lambda}{\lambda^2}.$$

Setzt man dies in die Gleichung

$$E_\lambda d\lambda = \mathfrak{R}_\nu d\nu$$

ein, so folgt

$$E_\lambda = \frac{c}{\lambda^2} \mathfrak{R}_\nu.$$

In einem bestimmten Spektrum liegen die Maxima von E_λ und von $\mathfrak{R}_\nu$ an verschiedenen Stellen des Spektrums. Das PLANCKSCHE Gesetz geht für große λT und für kleine λT in zwei Grenzesetze über, die man das RAYLEIGH-JEANSSCHE und das WIENSCHES Strahlungsgesetz nennt. Für den ersten Fall, also $\lambda T \gg c h / k$ d. h. $\gg 14320 \mu \cdot \text{Grad}$, erhält man aus dem PLANCKSCHEM Gesetz

$$E_\lambda = \frac{c k T}{\lambda^4}, \quad (2)$$

wenn man im Zähler die e -Funktion in eine Reihe entwickelt und nach dem zweiten Glied abbricht. Unter der Annahme einer schon sehr hohen Temperatur, etwa 3000° abs. , muß man sehr weit in das Ultrarot vordringen, um λT sehr groß zu machen.

Tabelle 1.

$T \backslash \lambda$	20 μ	40 μ	60 μ
3000°	60000	120000	180000
6000°	120000	240000	360000

Ist nun $\lambda T \ll 14320 \mu \cdot \text{Grad}$, so folgt aus Gleichung (1) das WIENSCHES Strahlungsgesetz

$$E_\lambda = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}, \quad (3)$$

denn in diesem Fall wird die e -Funktion sehr groß, so daß die 1 im Nenner vernachlässigt werden kann. Der Gültigkeitsbereich dieses Gesetzes erstreckt sich auf Werte $< 3000 \mu \cdot \text{Grad}$.

Betrachten wir nun einmal die Kurven, die sich für verschiedene Temperaturen nach dem PLANCKSCHEM Gesetz ergeben (Fig. 1). Man sieht, daß das WIENSCHES Gesetz nur auf der linken Seite des Maximums für $\lambda T < 3000$ gelten kann. Das Maximum rückt mit zunehmender Temperatur nach kleinen Wellenlängen. Die Lage dieses Maximums (λ_{max}) ermittelt man aus dem PLANCKSCHEM Gesetz, indem man Gl. (1) differenziert und dann gleich Null setzt:

$$\frac{dE_\lambda}{d\lambda} = -\frac{5c_1}{\lambda^6} \frac{1}{e^{c_2/\lambda T} - 1} + \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{e^{c_2/\lambda T}}{(e^{c_2/\lambda T} - 1)^2} \cdot \frac{c_2}{\lambda^2 T} = 0.$$

Setzt man nun $\frac{c_2}{\lambda T} = x$, so erhält man

$$\frac{x \cdot e^x}{e^x - 1} - 5 = 0.$$

Man sieht ohne weiteres, daß die Lösung dieser transzendenten Gleichung in der Nähe von 5 liegen muß. Der genaue Wert beträgt $x = 4,965$. Die aus dieser Rechnung folgende Gleichung

$$\frac{c_2}{x} = \lambda_{\text{max}} \cdot T = 2880 \mu \cdot \text{Grad}$$

nennt man das WIENSCHES Verschiebungsgesetz. (Fig. 2). Für die höheren Temperaturen, die man noch ohne große experimentelle Schwierigkeiten herstellen kann, liegt das Intensitätsmaximum im ultraroten Gebiet. Erst für $T = 3800^\circ$ tritt das Maximum bei $0,76 \mu$ in das sichtbare Gebiet ein. Für die Sonnentemperatur von rund 6000° ist

$\lambda_{\max} \approx 0,5 \mu = 5000 \text{ \AA}$. Wollte man das Maximum in das ultraviolette Gebiet verlegen, so wäre für $\lambda_{\max} = 0,3 \mu = 3000 \text{ \AA}$ ein Strahler mit der Temperatur $T \approx 10000^\circ$ erforderlich.

Um die Prüfung des PLANCKSchen Gesetzes haben sich wegen der Bedeutung als Grundgesetz der Quantentheorie viele Forscher mit Erfolg bemüht (LUMMER und PRINGSHEIM, WARBURG; PASCHEN, COBLENTZ; RUBENS

sichtbaren und ultravioletten Gebiet. Will man in diesen Spektralbereichen eine Prüfung des PLANCKSchen Gesetzes vornehmen, so kann man keine thermischen Meßanordnungen mehr benutzen, da diese in den erwähnten Bereichen nicht empfindlich genug sind. Als Ersatz kann hier die photographische Platte zur Messung der Strahlungsintensität dienen. Das vom Strahler kommende Licht ruft eine Schwärzung der Platte hervor, die photometrisch ausgemessen wird und somit ein Maß für die Energie bietet. Die Schwärzung ist aber nicht proportional der auffallenden Licht-

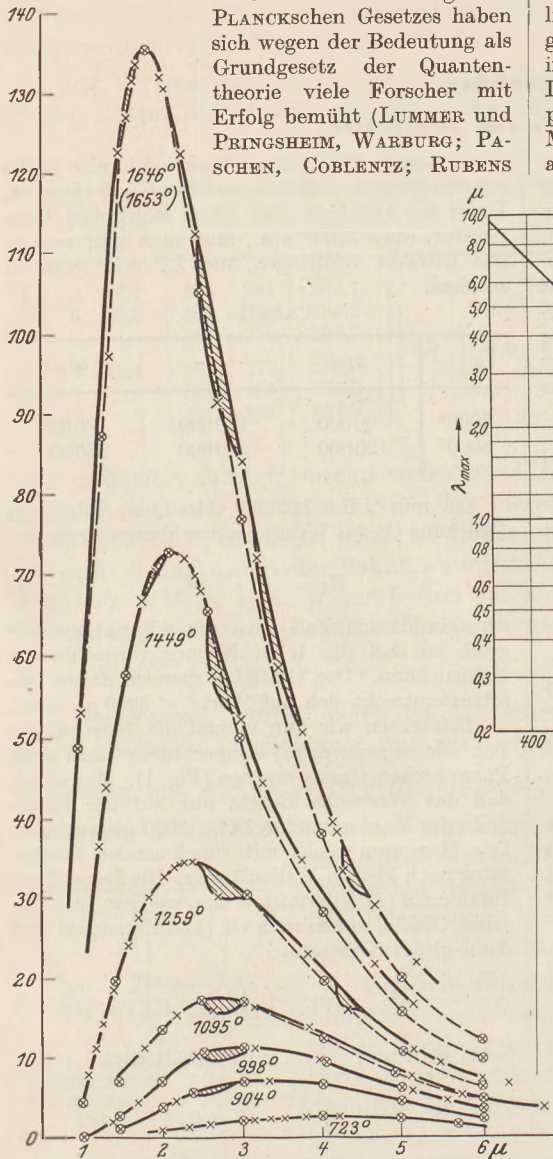


Fig. 1. PLANCKSches Strahlungsgesetz. Isothermen des schwarzen Körpers nach LUMMER und PRINGSHEIM. — beobachtet, - - - - berechnet.

und MICHEL u. a.). Da mit den verwendeten schwarzen Strahlern keine außergewöhnlichen Temperaturen erreicht wurden und die Meßanordnungen für kürzere Wellen nicht empfindlich genug waren, so erfolgte die Prüfung des Gesetzes meist im Ultraroten. Die vom schwarzen Körper ausgestrahlte Energie wurde mit hochempfindlichen Thermoelementen, Bolometern, Radiometern usw. gemessen. Wie aus Fig. 1 zu ersehen ist, liegt für die Kurven oberhalb 1250° der Beginn des Anstieges im

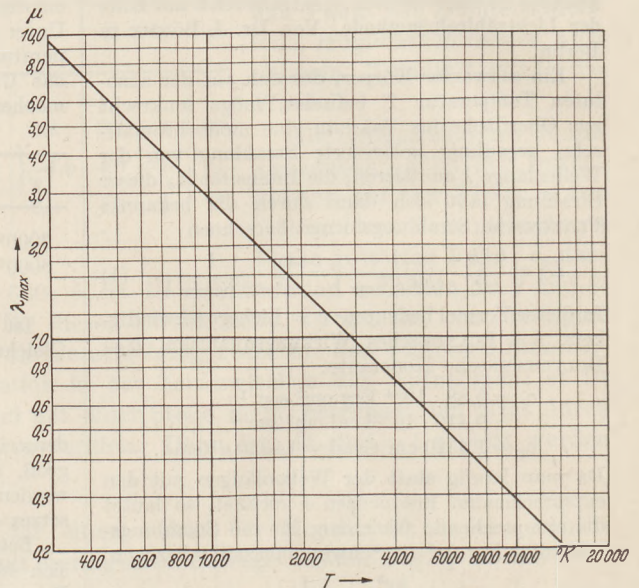


Fig. 2. WIENSches Verschiebungsgesetz.

intensität, so daß die Platte erst geeicht werden muß. Die Genauigkeit dieser Meßmethode ist in erster Linie von der Struktur und Eigenschaft der photographisch empfindlichen Schicht abhängig und beträgt bei den empfindlichsten Kontrastplatten höchstens 2%. Außer den photographischen Platten lassen sich zu Intensitätsmessungen auch Anordnungen mit Photozellen verwenden.

Eine wesentlich empfindlichere Meßmethode konnte für die Lichtintensitätsmessung angewendet werden, nachdem man die Eignung des Lichtzählrohres zur Registrierung schwacher Lichtintensitäten erkannt hatte. Hierbei wird das Prinzip des von GEIGER und MÜLLER eingeführten Zählrohres für kosmische und γ -Strahlen auf die Messung von Lichtquanten übertragen. Die in das Zählrohr fallenden Lichtquanten lösen aus einer photoelektrisch empfindlichen Schicht Elektronen aus, die dann einzeln gezählt werden. Die Methode wird weiter unten beschrieben.

Zunächst möge kurz erläutert werden, wie eine Prüfung des PLANCKSchen Gesetzes vor sich geht. Man kann in erster Linie eine Messung von Isothermen oder Isochromaten vornehmen. Bei den Isothermen ist die Energie eine Funktion der Wellenlänge; dies besagt, daß viele Fehler-

quellen in der Dispersion des zur Zerlegung des Lichtes notwendigen Prismas oder Gitters, in der selektiven Absorption der im Strahlengang befindlichen Medien und in den selektiven Eigenschaften des Empfängers liegen können. Diese Fehler fallen fort, wenn man die Wellenlänge unverändert läßt und dafür die Temperatur ändert, also eine Isochromatenmessung vornimmt. Allerdings muß hierbei die Temperatur äußerst genau bestimmt werden. Diese Meßmethode eignet sich besonders im Bereich des WIENSCHEN Gesetzes. Logarithmiert man Gleichung (3), so erhält man

$$\ln E_\lambda = \ln \frac{c_1}{\lambda^5} - \frac{c_2}{\lambda} \cdot \frac{1}{T}. \quad (4)$$

In einem Koordinatensystem mit $\ln E_\lambda$ und $\frac{1}{T}$ als Koordinaten ergibt Gleichung (3) eine Gerade. Trägt man das WIENSCHES Gesetz in der Form der

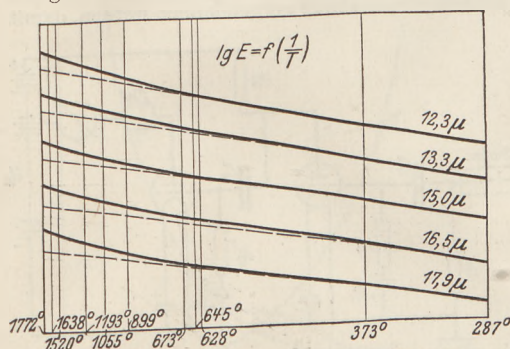


Fig. 3. Isochromaten des schwarzen Körpers nach LUMMER und PRINGSHEIM.

Gleichung (3) auf, so erhält man natürlich eine gekrümmte Kurve.

Um einen Überblick zu bekommen, welche Zahlenwerte der Größe $\frac{c_2}{\lambda T}$ entsprechen, sei auf Tabelle 2 verwiesen. Die Wellenlänge λ in μ ist, da eine Isochromatenmessung betrachtet werden soll, für jede Reihe als konstant anzusehen.

Tabelle 2.

$T_{\text{abs.}}$	λ	0,3	1	5	10	20 μ
600°		79,5	23,9	4,78	2,39	1,19
800°		59,8	17,9	3,58	1,79	0,90
1000°		47,7	14,3	2,87	1,43	0,72
1500°		31,8	9,55	1,91	0,96	0,48
2000°		23,9	7,16	1,43	0,72	0,36

Betrachtet man die Schar von Isochromaten in Fig. 3, so erkennt man, daß bei höheren Temperaturen Abweichungen von den theoretisch berechneten, gestrichelt gezeichneten Geraden auftreten. Hieran sieht man deutlich den Gültigkeitsbereich des WIENSCHEN Gesetzes. Bis zu etwa 700° verlaufen die experimentell ermittelten Kurven wie die theoretischen Geraden. Für die unterste Kurve beträgt bei 700° $\lambda T = 1260 \mu$ Grad. Man muß also, um das WIENSCHES Gesetz zu erfüllen, bei niedrigen Temperaturen messen und ebenfalls

bei niedrigen Wellenlängen, damit λT nicht zu groß wird.

Wie schon oben erwähnt, ist im sichtbaren und ultraroten Bereich das WIENSCHES Gesetz mehrfach geprüft worden, es fehlte aber bisher eine Bestätigung im ultravioletten Gebiet. Kürzlich hat nun ROICH¹ eine Prüfung in diesem Gebiet mit Hilfe der Lichtzählrohrmethode durchgeführt. Die Messung erfolgte an Isochromaten, von denen die Isochromate bei 3000 Å zwischen den absoluten Temperaturen 1500° und 1720° in Fig. 4 wiedergegeben ist. Der Faktor vor der e -Funktion

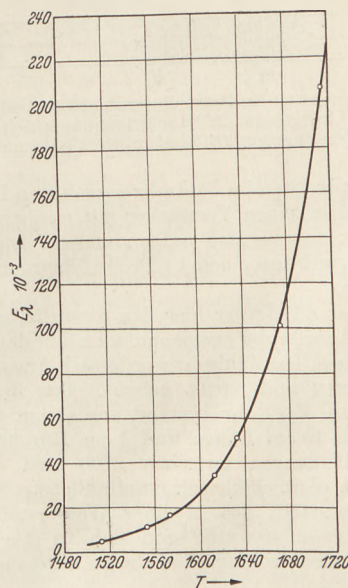


Fig. 4. Isochromate für $\lambda = 3000 \text{ Å}$, berechnet nach dem WIENSCHEN Strahlungsgesetz. o Meßpunkte von ROICH.

im WIENSCHEN Gesetz beträgt für $\lambda = 3 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$ $c^2 h / (3 \cdot 10^{-5})^5 = 24,2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-1} \text{ g sec}^{-3}$; im Exponenten der e -Funktion ist $\frac{14320}{0,3} = 47733$.

Ferner sei $\frac{47733}{T} = y$ gesetzt. Aus der Tabelle 3 ist die Berechnung von E_λ zu ersehen.

Tabelle 3.

$T_{\text{abs.}}$	y	e^y	E_λ
1500	31,82	$6,59 \cdot 10^{13}$	$3,67 \cdot 10^3$
1520	31,40	4,34	5,58
1540	30,95	2,76	8,76
1560	30,58	1,91	12,65
1580	30,20	1,31	18,48
1600	29,83	$9,02 \cdot 10^{12}$	26,84
1640	29,10	4,35	58,10
1680	28,40	2,16	116,5
1700	28,08	1,57	160,4
1720	27,70	1,07	226
1750	27,23	$6,7 \cdot 10^{11}$	376

¹ J. L. ROICH, Physikal. Zeitschr. der Sowjetunion 8, 223 (1935) Nr. 2.

Die Meßpunkte in Fig. 4 liegen mit hinreichender Genauigkeit auf der berechneten Kurve.

Meßanordnung.

Der von ROICH verwendete schwarze Strahler war ein Platinofen, dessen Strahlung aus einer Öffnung von 3 mm Durchmesser in einen Zeiß-Monochromator gelangte. Die spektral zerlegte Strahlung wurde auf ein Platin-Wasserstoff-Lichtzählrohr fokussiert. Die durch die Einwirkung

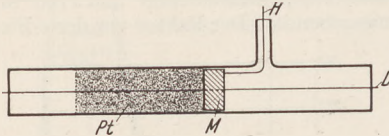


Fig. 5. Schematische Darstellung eines Lichtzählrohrs. *D* Zählrohrdraht, *H* Hochspannungszuleitung, *M* Messingring, *Pt* zerstäubte Platinschicht.

der Lichtquanten im Zählrohr ausgelösten Impulse wurden über einen Verstärker mit mechanischem Zählwerk automatisch aufgenommen. Die Temperatur wurde mit einem Pt/Pt-Rh-Thermoelement gemessen.

Da das Zählrohr hier den wesentlichsten Teil der Anordnung ausmacht, sei näher darauf eingegangen. Das Zählrohr wurde nach Angaben von SCHRIN und STOLL gebaut. Das in Fig. 5 dargestellte Zählrohr bestand aus einem Quarzrohr¹ von 10 cm Länge und 1 cm Durchmesser. Für Wellenlängen zwischen 2100 und 3100 Å wurde als photoelektrisch empfindlichste Schicht Platin ermittelt, das in einer Wasserstoffatmosphäre zerstäubt wurde und sich an der Rohrwandung niederschlug. Um die zu untersuchende

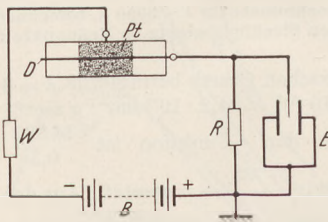


Fig. 6. Zählrohrschaltung.

Strahlung in das Zählrohr hineinzulassen, wurde das Rohr von außen so erwärmt, daß an der Innenseite eine kleine Stelle von der Platinschicht befreit wurde. Der Wasserstoffdruck betrug 5 cm Hg. An die auf einen Teil der Innenfläche des Rohres zerstäubte Pt-Schicht Pt schloß sich ein Messingring *M* an, der mit der Hochspannungszuleitung *H* verbunden war. Der Ring gab guten Kontakt mit der Pt-Schicht. Der Zählrohrdraht *D* von 0,2 mm Durchmesser wurde mit Hilfe einer nicht gezeichneten Vorrichtung genau zentriert. Zur Vermeidung von Störungen wurde das Zählrohr in einen geerdeten Schutzkasten eingebaut.

Als gebräuchlichste Zählrohrschaltung kann die in Fig. 6 gezeichnete benutzt werden. Der

¹ Quarz wegen der Ultraviolett-Durchlässigkeit.

negative Pol der Hochspannungsbatterie (etwa 1200 Volt) ist über einen Schutzwiderstand $W = 5 \cdot 10^6$ Ohm an die lichtempfindliche Schicht *S* des Zählrohrs angeschlossen. Der Zählrohrdraht *D* liegt über einen Widerstand $R = 2,5 \cdot 10^9$ Ohm an Erde.

Treffen nun Lichtquanten einer ultravioletten Strahlung auf die Platinschicht, so werden in einer bestimmten Zeit einige Photoelektronen aus dieser Schicht ausgelöst. Ein solches Photoelektron erzeugt auf seinem Weg eine Ionenlawine, die dem Zählrohrdraht eine Strommenge zuführt. Dieser Strom fließt über den Widerstand *R* ab; die an den Enden von *R* entstehende Spannungsdifferenz wird mit einem Einfadenelektrometer oder ähnlichem Gerät gemessen. Als Elektrometerfäden werden meist Wollastondrähte von etwa 5 μ Durchmesser verwendet. Die Zentrierung des Zählrohrdrahtes muß vorgenommen werden, damit

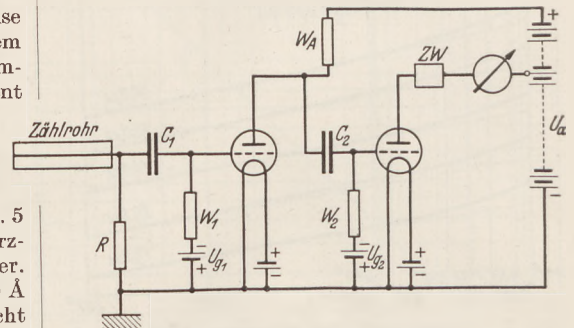


Fig. 7. Zählrohr mit Verstärker.

die elektrischen Feldlinien zwischen Draht und Schicht symmetrisch verlaufen.

ROICH ersetzte das Elektrometer in Fig. 6 durch einen Verstärker, der in Fig. 7 angedeutet ist¹. Bei Stromlosigkeit des Zählrohrs wurde die Gittervorspannung U_{g2} so eingestellt, daß durch die Röhre ein Anodenstrom von höchstens 0,1 mA floß. Erst ein im Zählrohr ausgelöster Stromimpuls bewirkte ein so starkes Anwachsen des Anodenstromes, daß das mechanische Zählwerk *ZW* zum Ansprechen kam. $C_1 = 3000$ cm, $C_2 = 1000$ cm; $R = 2,5 \cdot 10^9$ Ohm; $W_1 = 10^3$, $W_2 = 2 \cdot 10^6$, $W_A = 10^6$ Ohm; $U_{g1} = -1,5$, $U_{g2} = -20$ Volt; $U_a = 200$ Volt bei Verwendung der Philipsröhren A 425 und A 415.

Nachdem ROICH den Intensitätsverlauf im Ultravioletten nachgeprüft hat, ist das PLANCKsche Gesetz nunmehr experimentell über den gesamten Bereich von 0,3 μ bis etwa 80 μ hinreichend bestätigt worden². Dieser Bereich entspricht, in Frequenzen gerechnet, mehr als acht Oktaven.

Die spektrale Empfindlichkeit.

Um die spektrale Empfindlichkeitskurve des Zählrohrs aufzunehmen, wurde bei konstanter

¹ B. STOLL, *Helv. Phys. Acta* 8, 1 (1935).

² Über Messungen im Ultrarot siehe CL. SCHAEFER und F. MATOSSI, *Das ultrarote Spektrum*, 1930.

Temperatur T des schwarzen Strahlers die Zahl der Zählrohrimpulse N als Funktion der Wellenlänge λ gemessen.

Da in der Arbeit von ROICH keine Werte für die gemessenen Stoßzahlen pro Minute angegeben sind, so stellt Fig. 8 nur idealisierte Kurven dar. Die mit Kreisen versehene Kurve soll die gemessenen Werte darstellen ($N_{\text{exp.}}$). Aus dem WIENSchen Gesetz läßt sich die für jede gemessene Wellenlänge ausgestrahlte Anzahl Lichtquanten berechnen, da

$$E_{\lambda} d\lambda = \frac{c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{c_2/\lambda T}} d\lambda = h \nu dN = h \frac{c}{\lambda} dN. \quad (5)$$

Hieraus läßt sich $N_{\text{theor.}}$ berechnen, d. h. die Zahl der in einem bestimmten Spektralbereich ($\lambda + d\lambda$)

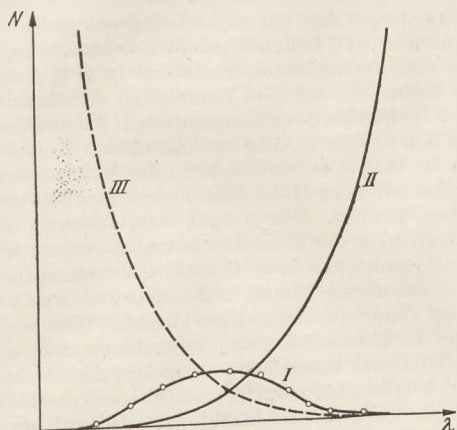


Fig. 8. I gemessene Stoßzahlen $N_{\text{exp.}}$. II berechnete Isotherme $N_{\text{theor.}}$. III spektrale Empfindlichkeit.

bei einer Temperatur T aus dem Strahler pro Sekunde austretenden Lichtquanten. Aus Gleichung (5) folgt

$$dN = \frac{c}{\lambda^4} \frac{1}{e^{c_2/\lambda T}} d\lambda.$$

$N_{\text{theor.}}$ erhält man durch Integration:

$$N_{\text{theor.}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} dN = c \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{1}{\lambda^4 e^{c_2/\lambda T}} d\lambda.$$

Die ausgeführte Integration ergibt, wenn man

$x_1 = \frac{c_2}{\lambda_1 T}$ und $x_2 = \frac{c_2}{\lambda_2 T}$ gesetzt hat:

$$N_{\text{theor.}} = \frac{c T^3}{c_2^3} \left[\frac{x_2^2 + 2x_2 + 2}{e^{x_2}} - \frac{x_1^2 + 2x_1 + 2}{e^{x_1}} \right]. \quad (6)$$

Als Beispiel seien in Tabelle 4 die Werte für $T = 1000^\circ$, 1200° und 2000° im Bereich $\lambda_1 = 0,30 \mu$ und $\lambda_2 = 0,35 \mu$ bestimmt, wobei mit abgerundeten Zahlen gerechnet worden ist.

Tabelle 4.

T	$\frac{c T^3}{c_2^3}$	x_1	e^{x_1}	x_2	e^{x_2}	$N_{\text{theor.}}$
1000	$1 \cdot 10^{19}$	48	$7,0 \cdot 10^{20}$	41	$6,4 \cdot 10^{17}$	$2,8 \cdot 10^4$
1200	$1,7 \cdot 10^{19}$	40	$2,3 \cdot 10^{17}$	32	$7,9 \cdot 10^{13}$	$2,3 \cdot 10^8$
2000	$8 \cdot 10^{19}$	24	$2,7 \cdot 10^{10}$	20,5	$8 \cdot 10^8$	$4,6 \cdot 10^{13}$

Ermittelt man $\frac{N_{\text{exp.}}}{N_{\text{theor.}}}$, so erhält man die ge-

strichelt gezeichnete spektrale Empfindlichkeitskurve. Vielfach wird die Empfindlichkeitskurve mit Hilfe des kontinuierlichen Wasserstoffspektrums als Lichtquelle aufgenommen, da die Intensität dieses Kontinuums im ultravioletten Gebiet um $3000 \text{ \AA}$ herum weitgehend unabhängig von der Wellenlänge ist. Zu der von ROICH aufgenommenen spektralen Empfindlichkeit möge bemerkt werden, daß diese Messung nicht in die vorangegangenen Meßreihen zur Prüfung des PLANCK-WIENSchen Gesetzes eingeht, sondern nur den Versuch einer Absolutmessung der Lichtintensität bedeutet. Denn bei einer derartigen Messung wird ja eine Isotherme aufgenommen. Wie bereits oben auseinandergesetzt wurde, hat eine Isothermenmessung eine Reihe von Fehlerquellen zur Folge; deshalb wurde die Messung von Isochromaten vorgezogen. Es muß darauf hingewiesen werden, daß die von ROICH angestrebte Absolutmessung keineswegs ideal ist und daß man hier noch nach geeigneteren Methoden suchen muß.

Man sieht aus Kurve III der Fig. 8, daß beim Lichtzählrohr keine ausgeprägte langwellige Grenze der photoelektrischen Empfindlichkeit auftritt. So ist z. B. oberhalb $3400 \text{ \AA}$ die Zahl der ausgelösten Photoelektronen sehr gering; es müßte schon eine sehr große Lichtintensität auf die Schicht auffallen, um oberhalb $3400 \text{ \AA}$ Messungen ausführen zu können.

Eigenschaften des Lichtzählrohrs.

Um eine gewisse Anschauung zu haben, was ein derartiges Platin-Wasserstoff-Zählrohr leistet, sei erwähnt, daß das ultraviolette Licht einer Streichholzflamme unterhalb $3000 \text{ \AA}$ in einer Entfernung von 20 m etwa 100 registrierte

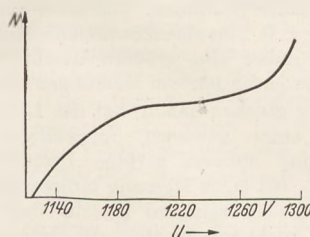


Fig. 9. Stoßzahlen N in Abhängigkeit von der Zählrohrspannung U .

Photoelektronen pro Minute auslöst. Auf 1 m Entfernung umgerechnet würden etwa 40000 Photoelektronen pro Minute ausgelöst werden. Bei einer Hefnerkerze, die auch nur geringe Ultraviolettintensität aufweist, wurden in 20 m Abstand vom Zählrohr rund 200 Stöße der Photoelektronen registriert. Aus der Gleichung (6) läßt sich die Zahl der auftreffenden Lichtquanten berechnen.

Man muß bei dem Arbeiten mit Lichtzählrohren noch einige Vorsichtsmaßnahmen ergreifen, um ein möglichst fehlerfreies Arbeiten zu erzielen. Vor der Messung muß die Spannung am Zählrohr so eingestellt werden, daß eine Unabhängigkeit der Stoßzahl von der Spannung in weiterem Bereich

gewährleistet ist. Trägt man für eine konstante Wellenlänge die Stoßzahlen N als Funktionen der Zählrohrspannung U auf, so arbeitet man am sichersten bei der in Fig. 9 angegebenen Kurve im Gebiet zwischen 1190 und 1220 Volt.

Weiterhin erinnert man sich, daß das Zählrohr in erster Linie zur Messung von kosmischer Strahlung und γ -Strahlen verwendet wurde. Da diese Strahlungen doch zu jeder Zeit auftreten, muß man die Empfindlichkeit des Platin-Wasserstoff-Zählrohrs für diese Fehlerquellen feststellen, die besonders bei der Aufnahme von geringen Ultraviolettintensitäten stören würden. Bei dem erwähnten Zählrohr fand STOLL in Zürich eine dauernd vorhandene Stoßzahl von 1 pro Minute. Dieser kleine sog. Nulleffekt ist also auch bei kleiner Anzahl registrierter Photoelektronen nicht störend und kann bei den Berechnungen in Abzug gebracht werden. ROICH macht in seiner Veröffentlichung keinerlei Angaben über Fehlerquellen.

Da aus einer lichtelektrischen Schicht nicht jedes auffallende Lichtquant ein Photoelektron auslöst (um es noch einmal hervorzuheben), so bietet das Verhältnis der Zahl der ausgelösten Photoelektronen zu der Zahl der auftretenden Lichtquanten ($N_{\text{exp.}}/N_{\text{theor.}}$) nur ein relatives Maß für Lichtintensität. Daß das Lichtzählrohr der photographischen Platte überlegen ist, wurde schon oben erwähnt. Der Vorzug des Lichtzählrohrs besteht darin, daß es sich um die Aufzeichnung von Einzelvorgängen handelt. Diese sind statistischen Schwankungen unterworfen. Die Genauigkeit der Intensitätsmessung läßt sich daher durch eine Steigerung der Anzahl der registrierten Photoelektronen beliebig erhöhen, d. h. also, erstreckt man die Messung über einen längeren Zeitraum, so wird die Größe N (Stoßzahlen pro Minute) immer genauer bestimmt. Bei einer gasgefüllten Photozelle z. B. läßt sich dies niemals erreichen, da für diese immer eine größere Anzahl Photoelektronen notwendig ist, um Messungen anzustellen.

Wie wir gesehen haben, hat das Lichtzählrohr oberhalb einer gewissen langwelligen Grenze (Fig. 8) eine äußerst geringe Empfindlichkeit. Sollte z. B. bei einer Messung langwelliges Streulicht vorhanden sein, so spricht das Zählrohr überhaupt nicht an; es sind also keinerlei Filter notwendig, ebenfalls ein Vorzug gegenüber der in größerem Spektralbereich gleich empfindlichen photographischen Platte.

Das Lichtzählrohr steht erst im Anfang einer technisch brauchbaren Entwicklungsstufe. Es treten zur Zeit noch eine Reihe von experimentellen Schwierigkeiten auf, die nicht näher beschrieben wurden, um die allgemeine Übersicht nicht zu erschweren.

Über neuere Forschungen auf dem Gebiete der primären kosmischen Ultrastrahlung. I. Von R. PYRKOSCH in Breslau.

Von den REGENERSchen Registrierballon-aufstiegen zur Erforschung der kosmischen Ultrastrahlung ist bereits in früheren Berichten dieser

Zeitschrift die Rede gewesen (1), zuletzt von dem mit einer offenen Ionisationskammer am 30. 8. 33. Seitdem haben weitere 3 Aufstiege mit offener Kammer stattgefunden (2). Außer der schon vorher benutzten Kammer von 105 Litern Inhalt wurde noch eine von 194 Liter verwandt. Das Elektrometer war, von der Kammer getrennt, in einem besonderen auf etwa 20 mm Hg ausgepumpten Gefäß untergebracht, und wie bei den geschlossenen Kammern wurden Luftdruck, Temperatur des Instruments und Elektrometerspannung gleichzeitig alle 4 Minuten auf einer rotierenden Photoplatte aufgezeichnet. Das größere von den beiden Instrumenten wog mit der Schutzgondel etwa 6 kg, so daß 4 Ballone von je 3 m Durchmesser zum Hochbringen nötig waren (3). Die Zahl der Ionenpaare, die bei dem jeweiligen Luftdruck je Kubikzentimeter und Sekunde gebildet werden, wurden aus dem beobachteten Voltabfall in 4 Minuten, der Kapazität und dem Rauminhalt der Kammer nach Reduktion ihrer Temperatur auf 0° berechnet. Die Kurven der 4 Aufstiege mit offener Kammer, die die Ionisation als Funktion des Luftdrucks in der betreffenden Höhe darstellen, zeigen alle denselben Verlauf. Gleich nach dem Ablassen des Ballons geht der Ionisationsstrom herunter, weil der Apparat aus dem Bereich der radioaktiven Bodenstrahlung kommt und auch, weil der Luftdruck abnimmt, und erreicht den Höchstwert bei etwa 140 mm Hg, worauf sie mit der Höhe schnell sinkt, da die Strahlung, wie die Kurven für geschlossene Kammern zeigen, in großen Höhen konstant wird, die Druckverminderung in der offenen Kammer aber eine ihr proportionale Abnahme des Stroms bewirkt. Ein Buckel zwischen 130 und 140 mm rührt von dem weichsten Bestandteil der Strahlung her, der bei ihrem Eintritt in die Atmosphäre etwa 90% von ihr ausmacht. Ferner wurde von E. REGENER und G. PFOTZER ein leichter selbstregistrierender Apparat mit einem Zählrohr von 20 mm Länge und 15 mm Breite gebaut, das fast so breit als lang gewählt wurde, um auf alle Richtungen möglichst gleich gut anzusprechen und so einen guten Vergleich mit den Messungen einer Ionisationskammer zu gewähren (4). Der Apparat erreichte gleich beim ersten Aufstieg mit Registrierballon die Höhe 28 km und lieferte gute Ergebnisse. Die Übereinstimmung der Kurve, die die Zahl der Zählrohrenentladungen als Funktion der Höhe darstellt, mit der Ionisationskurve einer geschlossenen Kammer und der auf konstanten Druck umgerechneten einer offenen Kammer war so gut, daß durch die Punkte aller 3 Meßreihen eine glatte Kurve gelegt werden konnte. Da der Verlauf der mit dem Zählrohr aufgenommenen Kurve bis 28 km Höhe derselbe ist wie bei den Ionisationskammern, wird der Schluß gezogen, daß auch die mit den letzteren gemessenen Wirkungen der Ultrastrahlung der Zahl der auffallenden Teilchen proportional ist und folglich auch die spezifische Ionisation, d. h. die Zahl der von einem solchen Teilchen je Zentimeter Luft im Normalzustand gebildeten Ionenpaare,

vom Erdboden bis zu großen Höhen dieselbe ist. Sie wird durch einen Vergleich der Entladungszahl des Zählrohrs, die während der letzten 24 Minuten des Aufstiegs 5,13 je Sekunde betrug, mit der Ionisation in einer Kammer, die bei derselben Höhe 300 Ionenpaare je Zentimeter Normalluft und Sekunde betrug, unter Berücksichtigung des Wirkungsquerschnitts des Rohres von 1,77 qcm zu 103 Ionenpaaren je Zentimeter Normalluft bestimmt. Dabei ist vorausgesetzt, daß das Rohr auf jedes auffallende Teilchen anspricht, so daß 103 als obere Grenze zu betrachten ist.

Im folgenden Jahre 1935 wurden von REGENER und PFOTZER zwei weitere Registrierballonaufstiege bis zu 22 km Höhe veranstaltet, bei denen nicht ein einzelnes Zählrohr, sondern 3 senkrecht übereinanderliegende Bündel von je 3 parallel-geschalteten Rohren verwandt wurden (5). Auf diese Weise wurden nicht mehr Strahlen aller Richtungen, sondern nur die senkrechten und fast senkrechten durch die Dreifachkoinzidenzen gezählt. Der Apparat war wie früher gegen zu tiefe Lufttemperaturen durch einen Cellophankasten geschützt, so daß die Temperatur in dem Kasten nur zwischen $+25^{\circ}$ und 17°C schwankte und keinen Einfluß auf die Registrierung hatte.

Die Kurve, die die Abhängigkeit der Koinzidenzzahlen von der Höhe bei den beiden Aufstiegen darstellt, zeigt nach Korrektur mit Rücksicht auf die bekannte Ansprechwahrscheinlichkeit der Rohre und zufällige Koinzidenzen einen Höchstpunkt bei einem Luftdruck von 100 mm Hg und einen deutlichen Buckel bei 300 mm, die ebenso wie bei den Kurven der offenen Ionisationskammern verschiedenen Bestandteilen der Ultrastrahlung zugeschrieben werden. Dieselben Buckel erscheinen bei der Kurve des Aufstiegs mit dem Einzelrohr, wenn diese nach dem Verfahren von GROSS in die entsprechende für nur senkrechte Strahlen umgewandelt wird (6). Auffallend ist, daß die Kurve gegen den Atmosphärenscheitel hin nach Null zu gehen scheint, was mit dem magnetischen Breiteneffekt der Strahlung im Widerspruch ist. Es sei daher anzunehmen, daß die Kurve in noch größeren Höhen sich wendet und einem endlichen Koinzidenzzahlenwert bei dem Druck 0 zustrebt.

Ein ähnlicher Versuch ist von S. N. VERNOFF angestellt worden (7). Er benutzte einen Apparat mit zwei Zählrohren übereinander, der von Ballonen hochgenommen werden sollte und selbsttätig die Koinzidenzen aufzeichnete. Um den Einfluß der Sekundärstrahlen einzuschränken, war eine 2 cm dicke Bleiplatte zwischen den Rohren angebracht. Konstante Temperatur wurde in dem Apparat durch einen besonderen Thermoregulator hergestellt und der Apparat mit einer Wärmeisolierschicht umgeben. Die Spannung 1400 Volt wurde durch eine kleine Radiobatterie geliefert, der Luftdruck durch einen Barographen bestimmt. Zur Probe wurde der Apparat bei Leningrad von einem Flugzeug bis 5810 m hoch gebracht. Im Gegensatz zu REGENER ergab sich dabei die Zahl der Doppelkoinzidenzen als Funktion der Höhe kleiner als die Ionisation mit Kammer.

Die Tiefwassermessungen von J. CLAY und seinen Mitarbeitern im roten Meer und Golf von Aden (8) sind mit Hilfe eines holländischen Kriegsschiffs bei einer Kreuzfahrt in der Nordsee fortgesetzt worden. Verwandt wurde dabei dieselbe Ionisationskammer und ein Koinzidenzapparat von 4 übereinander gestellten Zählrohren wie im Kohlenbergwerk von Kerkrade (9). Es war beabsichtigt, besonders die Messungen zwischen 200 und 300 m Tiefe mit der Kammer zu wiederholen und durch Zählrohrmessungen zu prüfen. Für beide Instrumente wurden zu diesem Zweck 325 m lange Kabel angefertigt, die sich aber als nicht stark genug erwiesen, so daß das Wasser bei größerer Tiefe in sie eindrang und die kritische Tiefe, 270 m, nicht erreicht werden konnte. Indessen konnten Messungen bis 200 m mit dem unbeschädigten Teile des Kabels ausgeführt und durch Zählrohrmessungen bis zu 50 m ergänzt werden. Bei der Vergleichung mit den Adenergebnissen zeigte sich der Einfluß des Breiteneffekts in den oberen Wasserschichten, dagegen gute Übereinstimmung in den tieferen, in die nur feldunempfindliche Strahlen noch dringen.

In dem Bericht vom Jahre 1935 (8) war von Ionisationsmessungen die Rede, die von COMPTON und STEVENSON in großen Höhen zur Untersuchung der Natur der Ultrastrahlung ausgeführt wurden mit dem Ergebnis, daß die Primärstrahlung fast ganz korpuskular sein müsse und Photonen nur einen zu vernachlässigenden Teil bilden könnten. Der entgegengesetzte Standpunkt wird in einer bald nachher erschienenen Arbeit von R. MILLIKAN, J. BOWEN und H. NEHER vertreten (10).

In der Einleitung wird bemerkt, daß sich in der Primärstrahlung beim Eindringen in die Atmosphäre positive und negative Teilchen befinden müßten, die von den primären Photonen überall dort erzeugt würden, wo sie im Weltraum Materie durchsetzen, etwa in Nebeln oder Fixsternatmosphären, wohin sie während ihrer Reise von Jahrmillionen gelegentlich gelangen müßten. Es handle sich daher im wesentlichen nur darum, das Verhältnis der in die Atmosphäre einfallenden Photonen und geladenen Teilchen zu bestimmen. Dazu seien Versuche in großen Höhen besonders geeignet, denn die Energie der letzteren sei zwar zum großen Teil noch ausreichend, um das magnetische Erdfeld dort zu überwinden, aber nicht mehr, um sie bis zum Meeresniveau gelangen zu lassen. Mit Hilfe der militärischen Luftstreitkräfte wurden daher in Amerika in den Jahren 1931 und 1932 Höhenflüge unter den magnetischen Breiten 63° , 54° , 41° , 20° nördlich und 4° südlich unternommen. Der Erfolg war nicht zum wenigsten dem Bau eines erschütterungsfreien Elektroskops zu verdanken, das ebenso gute photographische Aufzeichnungen auf einem Flugzeug in vollem Fluge wie in einem Laboratorium ergab.

Wie die bei diesen Flügen bis zu einer Höhe von 22 000 Fuß oder $4\frac{1}{2}$ m Wasseräquivalent unter Atmosphärenscheitel angestellten Ionisationsmessungen verwertet wurden, sei an zwei Beispielen dargetan. Zwischen 54° und 63° ergab sich kein

Breiteneffekt. Nach den Berechnungen von EPSTEIN und VALLARTA würden aber Elektronen mit der Energie $2,4 \cdot 10^9$ eV bei der magnetischen Breite 49° gerade anfangen, durch das magnetische Erdfeld einzudringen und bei 57° vollständig hindurch sein, so daß für diese ein Breitereffekt zwischen 54° und 63° zu erwarten wäre. Daß es Elektronen dieser Energie gibt, ist durch Nebelkammerversuche sichergestellt, und die weiter südlich gefundenen Breitereffekte beweisen, daß die Ultrastrahlung auch noch Elektronen größerer Energie enthält. Wenn also zwischen 54° und 63° kein Intensitätsunterschied vorhanden ist, so können Elektronen von $2,4 \cdot 10^9$ eV nicht bis zu einer Luftmeertiefe von $4,5$ m $\text{H}_2\text{O} =$ Äquivalent eindringen. Das heißt aber, daß der Gesamtwiderstand der 10 m H_2O gleichwertigen Lufthülle gegen einfallende Elektronen größer sein muß als $\frac{10}{4,5} \cdot 2,4$ oder $5,3 \cdot 10^9$ eV.

Ferner sollte nach EPSTEIN und VALLARTA der Breitereffekt der Elektronen von $5,5 \cdot 10^9$ eV bei 34° beginnen und bei 50° enden. In der Tat ist er bei den entsprechenden Flügen oben ausgeprägt gefunden worden, während er im Meeresniveau zwischen diesen Breiten fehlt. Folglich können die den Effekt verursachenden Elektronen die Lufthülle nicht durchdringen, und der durch sie ihnen entgegengesetzte Widerstand muß mindestens $5,5 \cdot 10^9$ eV betragen. Auf diese noch weiter ausgeführte Weise wird schließlich der Gesamtwiderstand der Atmosphäre zu $6 \cdot 10^9$ eV bestimmt.

Von ihm entfällt ein gewisser Bruchteil auf den Energieverlust, den ein kosmisches Elektron beim Durchdringen der Lufthülle durch einfache Ionisation erleidet. Wird zur Berechnung nach ANDERSON und NEDDERMEYER angenommen, daß das Elektron auf jedem Zentimeter Normalluft 32 Ionenpaare erzeugt, und nach KULENKAMPE, daß für die Abspaltung eines Elektrons von einer Luftmolekel 32 eV nötig sind, so ergibt sich die gesuchte Zahl, wenn $32 \cdot 32$ noch mit der Anzahl

$\frac{1033}{0,00117}$ der Luftzentimeter einer Atmosphäre multipliziert wird, zu $9 \cdot 10^8$ eV, wobei aber senkrechter Einfall der Strahlen auf die Lufthülle vorausgesetzt ist. Da die meisten Elektronen, die die Erdoberfläche erreichen, unter Zenitwinkeln bis zu 45° einfallen, kann als durchschnittlicher Einfallswinkel 26° mit dem Kosinus 0,9 genommen werden, so daß $\frac{9 \cdot 10^8}{0,9} = 10^9$ eV im Mittel als der gesuchte

Energieverlust angesehen werden kann. Da dies der sechste Teil des Gesamtverlustes in der Atmosphäre ist, müssen $\frac{5}{6}$ auf Rechnung der Erzeugung von Sekundärstrahlen bei Zusammenstoßen des Elektrons mit Atomkernen gesetzt werden, was die Verfasser als wichtigstes Ergebnis ihrer Arbeit bezeichnen. Würden diese Sekundärstrahlen von den primären sie auslösenden Elektronen so viel Energie erhalten, daß sie die Luft bis zur Erdoberfläche durchdringen könnten, so müßte sich im Meeresniveau im wesentlichen derselbe Breitereffekt wiederfinden wie in der Höhe,

und da dies z. B. zwischen 34° und 50° nicht zutrifft, wird geschlossen, daß die Sekundärstrahlen verhältnismäßig weich sein müßten.

Daß die Hauptmasse der beobachteten kosmischen Strahlenteilchen atmosphärischen Ursprungs sei, haben die Verfasser noch dadurch nachzuweisen gesucht, daß sie bei Flügen unter 41° einmal ein unabgeschirmtes Elektroskop, das andere Mal ein mit 10 cm Pb gepanzertes auf dieselbe Höhe mitnahmen und die mit ihnen gemessenen Ionisationen verglichen. Das Verhältnis der beiden würde dann den Bruchteil der in der betreffenden Höhe vorhandenen Elektronen ergeben, die imstande sind, den Panzer zu durchdringen, wenn nicht, wie bekannt, viele neue Elektronen im Panzer ausgelöst würden, die die Ionisation in der Kammer vergrößern. Folglich ist jenes Verhältnis nur als untere Grenze zu betrachten, und da es in der Höhe 29000 Fuß gleich 0,7 war, müßten hier mindestens 70 und wahrscheinlich 90% aller Elektronen Energien unter $520 \cdot 10^6$ eV haben, die nach den Nebelkammerversuchen von ANDERSON zur Durchdringung von 10 cm Pb nötig sind. Von diesen könnten aber so gut wie keine von außen in die Lufthülle gelangt sein, da unter 41° mindestens $4 \cdot 10^9$ eV erforderlich sind, um das magnetische Erdfeld zu überwinden. Ein ähnliches Ergebnis wurde durch den Stratosphärenflug von FORDNEY und SETTLE (8) erhalten, bei dem außer der gepanzerten Kammer von COMPTON auch eine ungepanzerte von MILLIKAN mitgenommen wurde.

Die Arbeit beschäftigt sich ferner mit der Natur der nicht feldempfindlichen, in die Atmosphäre eindringenden Strahlung. 4 Fahrten zwischen Los Angeles und der Westküste von Südamerika haben übereinstimmend einen Äquatorialbreitereffekt im Meeresniveau von $7 \pm 1\%$ ergeben. Folglich sind hier 93% der Ionisation eine Folge von feldunempfindlicher Strahlung, und da, wie auseinandergesetzt, von den 7% nur $\frac{1}{6}$ auf Rechnung von Primärelektronen, die übrigen auf die von Sekundärstrahlen kommen, die von den ersteren in der Luft erzeugt worden sind, so brauchen nur so viel Primärelektronen vorhanden zu sein, daß sie ungefähr 1% der beobachteten Ionisation hervorbringen. Um die Atmosphäre zu durchdringen, müssen sie mindestens $6 \cdot 10^9$ eV Energie haben, und um noch feldempfindlich zu sein, nach EPSTEIN und LEMAÎTRE höchstens $8 \cdot 10^9$ eV.

Wenn in dem feldunempfindlichen Teile der Strahlung noch primäre Elektronen vorkommen, so müßte ihre Energie größer als $8 \cdot 10^9$ eV sein, und es wird vermutet, daß eine kleine Zahl solcher Elektronen, wahrscheinlich bis zu $10 \cdot 10^9$ eV, wirklich existieren, etwa so viel, daß sie 1 bis $1\frac{1}{2}\%$ der beobachteten Ionisation erzeugen, und daß sie die Ursache des Richtungseffekts sind, der darin besteht, daß im Äquatorgürtel positive Elektronen von Westen her über die Strahlung von Osten her überwiegen. Daß die überschüssigen Elektronen positiv geladen sind, wird dadurch erklärt, daß sie von Photonen höchster Energie im Weltenraum erzeugt würden, weil diese

besonders von Atomkernen absorbiert werden, in denen die Positronen vorherrschen, während die Photonen geringerer Energie zumeist durch die Negatronen außerhalb des Kerns absorbiert würden. Das magnetische Erdfeld trenne dann die einfallenden Elektronen, so daß die von kleinerer Energie und hauptsächlich negativ geladenen nach den Polen befördert werden, während nur die von größter Energie und positiver Ladung in die äquatoriale Zone durchzubrechen vermögen.

Daß bei den zahlreichen Nebelkammerversuchen positive und negative Elektronen fast immer in nahezu gleicher Zahl gefunden worden seien, käme daher, daß es sich hier um Sekundärelektronen aus der Luft oder anderen Stoffen der Umgebung handle, während der geringe Überschuß von Positronen höchster Energie, die den Richtungseffekt bewirken, in den Nebelkammern keine Rolle spielt. Dagegen wären in ihnen häufig Photonen von 1 bis $3 \cdot 10^9$ eV durch die Schauer nachgewiesen worden, die aus Bleiplatten, welche in den Kammern angebracht sind, hervorbrechen, ohne daß die Spuren auslösender Elektronen zu sehen sind (11). Photonen mit so großer Energie könnten aber nur primär sein, und sie wären durchdringend genug, um alle bis zu Wassertiefen von 100 bis 300 m beobachteten Wirkungen zu verursachen, während dies bei Elektronen unmöglich ist. Denn sie müßten, um in solche Tiefen zu gelangen, 10 bis $30 \cdot 6 \cdot 10^9$ V Energie besitzen, da $6 \cdot 10^9$ V ja zur Durchdringung einer Atmosphäre nötig sind, und solche Energien wären auch nur annähernd nie gemessen worden. Dagegen sei das Verhältnis der Durchdringungsfähigkeiten von Photonen und Elektronen gleicher Energie bis zu den höchsten gemessenen Werten ungefähr gleich $100 : 1$ gefunden worden. Wird es auch für die Ultrastrahlung in Anspruch genommen, so werden die $180 \cdot 10^9$ V, die nötig sind, um Elektronen durch 300 m Wasser zu treiben, für Photonen auf $1,8 \cdot 10^9$ V erniedrigt, wie sie häufig in Nebelkammern beobachtet wurden. Die Verfasser kommen deshalb zu dem Ergebnis, daß, wenn auch der feldempfindliche Teil der Ultrastrahlung direkt oder indirekt von primären Elektronen herrührt, der feldunempfindliche von mindestens 85% im Meeresniveau aus Photonen besteht.

Auf andere Weise hat W. F. SWANN die Tatsache erklärt, daß in Nebelkammern Elektronen mit den höchsten Energien im allgemeinen nicht beobachtet werden, obgleich ihr Vorhandensein durch den Breiten- und Richtungseffekt notwendig gemacht wird. Denn sie büßten ihre Energie nicht durch gewöhnliche Ionisation und Streuung ein, sondern durch Schauerbildungen bei Zusammenstößen mit Atomkernen (12). Diese Theorie ist von ihm in mehreren Arbeiten weiter entwickelt worden (13). Sein Ausgangspunkt ist die Tatsache, daß die Absorption der Ultrastrahlung annähernd einem Exponentialgesetz gehorcht, wofür die einfachste Erklärung wäre, daß sie aus Photonen bestehe. Indessen verlangten neuere Untersuchungen über die erdmagnetischen Effekte, daß wenigstens 31% der Strahlung von geladenen Teilchen gebildet würden. Daß trotz-

dem die Absorption exponentiell erfolge, werde für gewöhnlich durch eine ad hoc ersonnene Energieverteilung der in die Atmosphäre eintretenden Teilchen begründet. Daraus würde aber folgen, daß diese Verteilung und damit die Qualität der Strahlung in allen Höhen der Lufthülle über dem Boden dieselbe ist und demnach auch die Häufigkeit aller durch die Strahlung bewirkten Erscheinungen proportional der Strahlungsstärke in den verschiedenen Höhen, während z. B. die Versuche der MONTGOMERYs zeigen, daß die Zahl der im Blei ausgelösten Stöße eher dem Quadrat der durchschnittlichen Intensität proportional ist (14). Deshalb müßte die Theorie der Bedingung genügen, daß die Beschaffenheit der Strahlung sich mit der Höhe ändere. Dieser Zweck wird durch die Vorstellung erreicht, daß die Primärstrahlen auf ihrer Bahn beständig sekundäre erzeugen, die ihre Richtungen im wesentlichen fortsetzen und die Wirkungen in den Ionisationskammern und Zählrohren der Hauptsache nach hervorbringen. Dabei wird die Absorption nach einem Exponentialgesetz durch die Bedingung gesichert, daß die Zahl n der je Zentimeter Normalluft ausgelösten Sekundärstrahlen der Energie E des Primärstrahls proportional ist, also

$$n = \alpha \cdot E, \quad (1)$$

wo α eine Konstante ist. Wenn ein Primärstrahl seine Energie nur durch die Auslösung von sekundären verliert und dx ein Element seines Weges ist, so gilt

$$-\frac{dE}{dx} = \beta n = \beta \alpha E, \quad (2)$$

wo auch β konstant ist. Ist also E_0 die Energie beim Eintritt in die Atmosphäre und x der in ihr zurückgelegte Weg, so gilt

$$E = E_0 \cdot e^{-\beta \alpha x} \quad (3a)$$

und in Verbindung mit (1)

$$n = n_0 e^{-\beta \alpha x}, \quad (3b)$$

wo n_0 sich wieder auf den Eintritt in die Lufthülle bezieht, so daß E und n ein Exponentialgesetz mit demselben Exponenten befolgen.

Diese Theorie, die von SWANN als die elementare bezeichnet wird, ergibt also einen Absorptionskoeffizienten, der für alle Energien und Höhen derselbe ist, und gerät deshalb mit gewissen Erfahrungen in betreff des Breiten- und Richtungseffekts in Widerspruch, z. B. mit der von COMPTON und seinen Mitarbeitern festgestellten Tatsache, daß der erstere mit der Höhe zunimmt. Da die Wirkung des magnetischen Erdfeldes auf geladene Teilchen um so größer ist, je weniger sie Energie besitzen, folgt daraus, daß der Absorptionskoeffizient für die weichen und leichter ablenkbaren Strahlen größer sein muß als für die härteren. Die Theorie ist also dahin abzuändern, daß der Absorptionskoeffizient mit abnehmender Energie zunimmt. Deshalb wird statt der Gleichung (1) gesetzt

$$n = \alpha \cdot E^{1-\lambda}, \quad (4)$$

wo $\lambda < 1$ eine kleine positive Konstante ist. Dann wird aus (2) $-\frac{dE}{dx} = \beta \alpha \cdot E^{1-\lambda}$, und wenn der

Absorptionskoeffizient μ_e der Energie an irgend-einem Punkte der Bahn erklärt wird durch

$$\mu_e = -\frac{1}{E} \cdot \frac{dE}{dx}, \quad \mu_e = \beta \alpha \cdot E^{-\lambda}. \quad (5)$$

Gemessen wird als Absorptionskoeffizient

$$\mu_n = -\frac{1}{n} \cdot \frac{dn}{dx}, \quad (6)$$

und aus (4) und (5) folgt dann $\mu_n = (1 - \lambda) \cdot \mu_e$, so daß sowohl μ_e wie μ_n mit abnehmender Energie zunehmen.

Diese Bedingung scheint aber einer wesentlichen Eigenschaft der Ultrastrahlung zu widersprechen, daß nämlich ihre durchschnittliche Härte auf dem Wege durch die Atmosphäre zu- und ihr durchschnittlicher Absorptionskoeffizient folglich abnimmt. Dem begegnet SWANN durch die Bemerkung, daß das, was von einem Einzelstrahl gilt, nicht von einem ganzen Strahlenbereich zu gelten brauche, und er erläutert es an einem einfachen Beispiel. Er betrachtet zwei in die Atmosphäre eintretende Strahlen mit den Energien E_1 und E_2 , wo $E_1 > E_2$. Haben dann $n_1, n_{10}, n_2, n_{20}, \mu_1$ und μ_2 entsprechende Bedeutung wie oben, so ist

$$n_1 = n_{10} \cdot e^{-\int \mu_1 \cdot dx}, \quad (7)$$

wie aus $-\frac{1}{n_1} \cdot \frac{dn_1}{dx} = \mu_1$ nach (6) folgt, und ebenso

ist $n_2 = n_{20} \cdot e^{-\int \mu_2 \cdot dx}$. Folglich sind die Absorptionskoeffizienten nun von der Bahnlänge x abhängig. Die Zahl der von beiden Primärstrahlen zusammen je Zentimeter Normalluft gebildeten sekundären ist jetzt $n = n_1 + n_2$, und wenn der Absorptionskoeffizient wieder bestimmt wird durch $\mu = -\frac{1}{n} \cdot \frac{dn}{dx}$, so ergibt sich $\mu = \frac{n_1 \mu_1 + n_2 \mu_2}{n_1 + n_2}$.

Wenn nunmehr beim Eintritt in die Atmosphäre, $x = 0$, n_1 klein gegen n_2 ist, $n_{10} \ll n_{20}$, so ist μ wenig von μ_2 verschieden. Aus $E_1 > E_2$ folgt aber $\mu_1 < \mu_2$, denn zur kleineren Energie gehört der größere Absorptionskoeffizient, so daß bei genügend großem Wege x nach (7) der Wert von n_1 groß gegen n_2 und demnach μ nahezu gleich μ_1 sein wird. Während also μ_1 und μ_2 wegen der Energieabnahme der beiden Strahlen mit x zunehmen, nimmt der gemessene Absorptionskoeffizient μ von μ_2 bis μ_1 ab.

Der Verfasser stellt in der Arbeit eine Liste der Erfahrungstatsachen auf, die eine Theorie der Ultrastrahlung erklären müßte, und zeigt, daß die seinige das Gewünschte leistet, soweit es sich um die Absorption in der Atmosphäre und Erscheinungen der erdmagnetischen Einflüsse handelt. Um zu erklären, warum die Häufigkeit der in Blei erregten Schauer und Stöße mit der Höhe in stärkerem Maße zunimmt als die Intensität der Ultrastrahlung in der Luft, wird angenommen, daß Schauer- und Stoßhäufigkeit in Blei und anderen schweren Stoffen nicht wie die Sekundäreffekte in der Luft der ersten oder annähernd ersten Potenz der Primärstrahlungsenergie, sondern einer höheren proportional sind.

Um diese Annahme zu prüfen, haben SWANN und D. B. COWIE Versuche angestellt, um die Stoß-

häufigkeit in vertikaler Richtung unter sonst gleichen Umständen mit der in einer unter 45° Zenitwinkel geneigten Richtung zu vergleichen (15). Dann sollte die erstere in stärkerem Maße größer sein als die Stärke der Ultrastrahlung in senkrechter Richtung gegenüber der unter 45° geneigten, die einen größeren Weg in der Luft zurückgelegt hat. Sie verwandten eine kugelförmige Ionisationskammer aus Eisen zur Stoßmessung und je ein Bündel parallelgeschalteter Zählrohre über und unter der Kammer, um durch Zählung der Doppelkoinzidenzen ein Maß für die Stärke der senkrechten Strahlung zu erhalten. Ein entsprechendes Zählrohrsystem, dessen horizontale und parallele Achsen in einer unter 45° geneigten Ebene lagen, leistete dasselbe für die Strahlung unter diesem Winkel. Das Ergebnis einer 300stündigen Registrierung war, daß die Koinzidenzzahlen in den beiden Richtungen sich wie 1,5 : 1, die Zahlen von Stößen über $2 \cdot 10^6$ Ionen wie 10 : 1 verhielten, die Hypothese also bestätigt wurde.

Die spezifische Ionisation, d. h. die Zahl der Ionenpaare, die ein Teilchen der Ultrastrahlung je Zentimeter Normalluft erzeugt, war auf verschiedene Arten und mit verschiedenem Ergebnis von vielen Forschern zu 32 bis 165 bestimmt worden. Um die Ursache dieser Verschiedenheit zu ergründen, hat R. HILGERT vergleichende Messungen mit Ionisationskammer und Zählrohr ausgeführt (16). Die schon früher von BOTHE und KOLHÖRSTER benutzte Methode (17) bestand darin, daß man die Zahl n der in ein Zählrohr eintretenden Teilchen und die Zahl I der in ihm während derselben Zeit erzeugten Ionenpaare bestimmte, woraus sich mit Hilfe der mittleren Bahnlänge s der Teilchen im Zählrohr die spezifische Ionisation als $i = \frac{I}{ns}$ berechnete. Dazu wurden ein Zählrohr und eine Ionisationskammer von derselben Form und Größe mit demselben Wandmaterial benutzt, so daß die Ionisationsmessungen als im Zählrohr selbst vorgenommen betrachtet werden können, wenn noch der verschiedene Gasdruck in beiden berücksichtigt wird.

Nach Bestimmung der Zahl der Ionenpaare in der Kammer, die 1 mV am Elektrometer entsprachen, und der Ansprechwahrscheinlichkeit des Zählrohrs, die sich nur wenig verschieden von 1 ergab, wurden die zu vergleichenden Angaben von Kammer und Zählrohr als Differenzwerte ohne und mit einem bestimmten Absorber über dem Instrument gewonnen. Auf diese Weise wurde die Messung des Nulleffekts vermieden, die bei der verschiedenartigen Panzerung zu umständlich gewesen wäre. Allerdings sind die so zu messenden Absorptionsbeträge ziemlich klein, so daß langwierige Messungen notwendig waren. Sie wurden mit Al, Fe und Pb als Absorber teils ohne und teils mit Vorfilter ausgeführt. Die Schichtdicken wurden dabei so gewählt, daß annähernd dieselbe Elektronenzahl auf das Quadratzentimeter kam, und die Absorber so unterteilt und angeordnet, daß der Raumwinkel, in dem die Ultrastrahlung geschwächt wurde, bei jedem derselbe war. Infolge des Umstandes, daß die gemeinsam mit

einem Primärstrahl in den Apparat eintretenden sekundären zwar bei der Kammer, nicht aber beim Zählrohr zur Geltung kommen und das mit der Kammer gemessene Absorptionsvermögen elektronenäquivalenter Schichten infolge der Übergangseffekte mit der Ordnungszahl stark ansteigt, nimmt das scheinbare Ionisationsvermögen mit dem Atomgewicht des Absorbers zu. So ergab sich als spezifische Ionisation ohne Vorfilter 104 bei Al, 142 bei Fe und 152 bei Pb. Noch schärfer trat der Einfluß des Übergangseffekts hervor, wenn die Strahlung mit 10 cm Pb vorgefiltert wurde. Die spezifische Ionisation war dann mit Al als Absorber gleich Null, so daß die mit der Kammer gemessene Ionisation durch den Übergangseffekt völlig aufgehoben wurde, während sie bei Fe 147 und bei Pb 140 betrug. Als größter Wert wurde 186 bei der Absorption aus Kohle kommender Strahlung in Blei gemessen, weil sich hier Absorption und Übergangseffekt besonders stark unterstützten. Die scheinbare, d. h. unter der Annahme geradliniger Einzelstrahlen berechnete spezifische Ionisation hängt also stark von den Meßbedingungen ab, so daß ihren bisherigen Bestimmungen durch Vergleichung von Volumenionisation und Teilchenzahl viel Unsicherheit anhaftet.

Um die Absorption der primären Ultrastrahlung in verschiedenen Stoffen zu messen, müssen die Übergangseffekte ausgeschaltet werden. Zu diesem Zweck ist die absorbierende Schicht so dick zu wählen, daß sich die Primärstrahlung beim Durchgang mit der in ihr erzeugten sekundären sättigen kann, denn erst dann ist der Abfall der gesamten Strahlungsstärke durch das Schwächungsgesetz der Primärstrahlung allein bestimmt (18). Solche Messungen sind von H. TIELSCH ausgeführt worden (19).

Dabei war die Ionisationskammer von einem 16,5 cm starken Pb-Panzer umgeben, und der Intensitätsabfall wurde hinter verschiedenen Schichten von Pb, Fe und Al aufgenommen. In einem weiteren Meßgang wurden Kohle, Quecksilber und Wasser untersucht. Zu den Kohlemessungen wurden große Steinkohlenbriketts benutzt und Bottiche aus Zinkblech um das Bleifilter herumgestellt, so daß es mit 80 cm H₂O umgeben werden konnte. Bei den Messungen mit Hg konnte der Apparat nur oben durch Hg abgeschirmt werden, während er seitlich mit 4 cm Pb umgeben war. Das Hg wurde in eine Wanne von Eisenblech eingefüllt und wog 114 kg. Aus den gemessenen Absorptionen wurden die Schwächungskoeffizienten für senkrechten Strahleneinfall berechnet mit dem Ergebnis $4,20 \cdot 10^{-3}$ für das Zentimeter bei Pb, $6,5 \cdot 10^{-3}$ bei Hg, $3,51 \cdot 10^{-3}$ bei Fe, $1,28 \cdot 10^{-3}$ bei Al, $0,659 \cdot 10^{-3}$ bei H₂O, $0,646 \cdot 10^{-3}$ bei C, woraus man durch Division mit der Dichte die entsprechenden Massenabsorptionskoeffizienten erhält: $0,368 \cdot 10^{-3}$, $0,477 \cdot 10^{-3}$, $0,468 \cdot 10^{-3}$, $0,474 \cdot 10^{-3}$, $0,659 \cdot 10^{-3}$, $0,562 \cdot 10^{-3}$. Demnach scheint die Absorption massenäquivalenter Schichten bei Elementen kleinerer Ordnungszahl stärker zu sein als bei denen mit größerer. Der Koeffizient

für H₂O stimmt für den betreffenden Energiebereich der Ultrastrahlung mit den bei Versenkmessungen in Seen von MILLIKAN und CAMERON, STEINKE und KRAMER gefundenen gut überein (20).

Absorptionsmessungen der die Schauer in Blei erzeugenden Primärstrahlung sind auch von J. H. SAWYER in einer Arbeit angestellt worden, über die zum Teil bereits früher berichtet worden ist (21). Er benutzte dabei die übliche Dreikantschaltung von Zählrohren mit einer Bleistreuplatte zwischen dem oberen und den beiden unteren Rohren. Eine genügend dicke Paraffinschicht wurde über die Rohre gestellt, um die Luftsekundärstrahlen abzuschneiden und durch Paraffinsekundärstrahlen im Gleichgewicht mit der Primärstrahlung zu ersetzen. Diese riefen Schauer von Tertiärstrahlen in der Bleiplatte hervor, die gezählt wurden. Über das Paraffin wurden verschiedene dicke Bleischichten gelegt, die die Primärstrahlung schwächten und den Gleichgewichtsbetrag von Sekundär- sowie die Zahl der Tertiärstrahlen erniedrigten. Es ergab sich, daß die durch die Koinzidenzzahl gemessene Stärke der Primärstrahlung einem Exponentialgesetz mit dem Koeffizienten $0,50 \text{ cm}^{-1}$ Pb gehorchte. Wie früher berichtet, ist dieser Koeffizient auch von JOHNSON gemessen und zu ungefähr $0,50 \text{ m}^{-1}$ H₂O gefunden worden (22). Die MONTGOMERYS hatten aus Messungen in verschiedenen Höhen $0,90 \text{ m}^{-1}$ H₂O erhalten (23) und W. H. PICKERING etwa denselben Wert aus 3 Messungen unter Wasser (24). Wäre die Absorption massenproportional, so würde der Wert der MONTGOMERYS einem von rund $0,1 \text{ cm}^{-1}$ Pb entsprechen, also nur dem 5. Teil des Wertes von SAWYER. Deshalb wurde der Bleiabsorber weggelassen und der Paraffinblock durch einen aus Al ersetzt. Aus den Koinzidenzzahlen für 3 verschiedene Dicken folgte dann ein Koeffizient von $0,022 \text{ cm}^{-1}$ Al, der mit $0,90 \text{ m}^{-1}$ H₂O befriedigend übereinstimmt, da er auf Wasser umgerechnet $0,85 \text{ m}^{-1}$ ergibt. Es wird daraus geschlossen, daß die Absorption nicht massenproportional verläuft.

Eine Analyse der korpuskularen Ultrastrahlung nach Durchsetzung einer Erdbodenschicht von 8,50 m, die etwa 19 m H₂O gleichkam, ist von P. AUGER und A. ROSENBERG mit Zählrohren ausgeführt worden (25). Sie konnten in dieser Tiefe einen harten und einen weichen Anteil nachweisen mit den Schwächungszahlen $0,7 \cdot 10^{-3}$ und $30 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{g}$ Pb im Meeresniveau. Diese Messungen sind in einem unterirdischen Arbeitssaal eines Pariser Instituts fortgesetzt worden, wo der Bodenpanzer 28 m Dicke erreichte und 60 m H₂O gleichwertig war (26). Dabei wurden die Koinzidenzentladungen von 3 senkrecht übereinander liegenden Zählrohren ohne Abschirmung und hinter 5 und 10 cm Pb gezählt, und zwar bei 0 und 5 cm etwa 2300, bei 10 cm etwa 1100, was wegen ihrer Seltenheit lange Zeit erforderte, etwa 6 je Stunde. Es ergab sich, daß die weiche Gruppe von Teilchen in dieser Tiefe nur noch höchstens 3 % der Gesamtheit betrug, während ihr Betrag 8 m unter der Oberfläche 7 %, an ihr selbst 20 % und 3500 m über ihr gleich 40 % war.

Die Schwächungszahl der Strahlung, die diese Tiefe erreicht, ist, soweit aus den 3 Meßpunkten entnommen werden kann, sehr klein, wahrscheinlich von der Größenordnung $0,4 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{g Pb}$, so daß sie gegen den von $0,7 \cdot 10^{-3}$ im Meeresniveau erheblich abgenommen hat. Sie stimmt gut überein mit der, die sich aus der Koinzidenzzahl 5,5 je Stunde ohne Bleiabsorber und der mit demselben Apparat in 8,50 m Tiefe gefundenen von 30 je Stunde berechnete, nämlich $0,35 \cdot 10^{-3}$, und auch mit den Tiefwassermessungen von REGENER und CLAY in der entsprechenden Tiefe. Dieser Bestandteil der Ultrastrahlung zeigt also massenproportionale Absorption in verschiedenen Stoffen.

Die härtesten korpuskularen Bestandteile der Ultrastrahlung im Meeresniveau sind jüngst von L. LEPRINCE-RINGUET näher untersucht worden (27). Dazu wurde eine Nebelkammer von 55 cm Höhe und 15 cm Breite angefertigt und zwischen die Polflächen eines Elektromagneten in ein Feld von 13 000 Gauß gestellt. Die Kammer wurde nach der Methode von BLACKETT und OCCHIALINI durch die Koinzidenzen von 3 senkrecht übereinander liegenden Zählrohren gesteuert, von denen das oberste und mittlere über und unter der Kammer angebracht waren, während sich zwischen dem mittleren und dem untersten Rohre ein Bleiblock von 7 cm Dicke befand. Auf 60 Aufnahmen war eine etwa 40 cm lange nur schwach gekrümmte aufrechte Spur zwischen den beiden oberen Rohren zu sehen, und es ergab sich, daß fast alle von oben nach unten gerichtet waren und die zugehörigen Teilchen den Bleikörper und auch das unterste Rohr durchsetzt hatten. Sie hatten das Aussehen

der Bahnen von Elektronen hoher Geschwindigkeit und waren fast gar nicht von Sekundärstrahlen begleitet. Von den Teilchen mit einer Energie größer als 10^{10} eV besaßen 4 positive Ladungen, keines eine negative, und bei 2 war das Vorzeichen unbestimmt; von den Teilchen mit $2,5 \cdot 10^9$ bis 10^{10} eV waren 6 positiv, 1 negativ und 9 unbestimmt; von denen mit 10^9 bis $2,5 \cdot 10^9 \text{ eV}$ 7 positiv, 6 negativ, 3 unbestimmt, so daß bei den Teilchen höchster Energie die positiven überwiegen, während bei denen mit weniger als $2,5 \cdot 10^9 \text{ eV}$ etwa ebenso viele positiv wie negativ sind. Die kleinste gemessene Energie war $900 \cdot 10^6 \text{ eV}$, so daß für ein Teilchen mit noch kleinerer die Wahrscheinlichkeit, 7 cm Blei zu durchsetzen, offenbar nur gering ist.

Literaturverzeichnis.

1. Z. physik. chem. Unterr. 47, 115 (1934); 48, 268 (1935). — 2. Physik. Z. 35, 784 (1934). — 3. Beitr. z. Physik d. fr. Atm. 22, 249 (1935). — 4. Physik. Z. 35, 779 (1934). — 5. Nature, Lond. 136, 718 (1935); Z. techn. Physik 16, 1 (1935). — 6. Z. Physik 83, 214 (1933). — 7. Physic. Rev. 46, 822 (1934). — 8. Z. physik. chem. Unterr. 48, 263 und 267 (1935). — 9. Physica 1, 1078 (1934). — 10. Physic. Rev. 46, 641 (1934). — 11. Z. physik. chem. Unterr. 48, 269 (1935). — 12. Z. physik. chem. Unterr. 48, 266 (1935). — 13. Physic. Rev. 46, 829 (1934); 47, 575 und 48, 641 (1935). — 14. Physic. Rev. 47, 429 (1935). — 15. Physic. Rev. 48, 649 (1935). — 16. Z. Physik 93, 589 (1934). — 17. Z. Physik 56, 751 (1929). — 18. Ergebn. ex. Naturw. 13, 115 (1934). — 19. Z. Physik. 92, 589 (1934). — 20. Z. Physik 85, 411 (1933). — 21. Physic. Rev. 47, 635 (1935). — 22. Z. physik. chem. Unterr. 48, 265 (1935). — 23. Physik. Rev. 47, 318 (1935). — 24. Physic. Rev. 47, 423 (1935). — 25. C. R. Acad. Sci., Paris 200, 1022 (1935). — 26. C. R. Acad. Sci., Paris 201, 1116 (1935). — 27. C. R. Acad. Sci., Paris 201, 1184 (1935) und Nature, Lond. 137, 358 (1936).

4. Unterricht und Methode.

Unterricht und Methode auf der 38. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts vom 5.—9. April 1936 in Karlsruhe.

Die Hauptversammlung wurde am Begrüßungsabend durch den Vorsitz der Ortsausschusses Prof. Dr. DINNER eröffnet. Als Vertreter der Badischen Regierung begrüßte der Badische Kultus- und Unterrichtsminister Dr. WACKER die Tagung; er hob besonders die Bedeutung von Mathematik und Naturwissenschaften für die Wehrhaftigkeit des deutschen Volkes hervor und betonte die Notwendigkeit der Fühlungnahme von Lehrerschaft und Wehrmacht. Ministerialrat Prof. Dr. METZNER begrüßte die Versammlung im Namen des Reichsministers für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung und führte aus, daß Mathematik und Naturwissenschaften in der Schule berufen und verpflichtet seien, mehr als bisher den Nachdruck in der Erziehung und im Unterricht auf die Dinge zu legen, die das Vaterland heute von uns fordert. Die dazu erforderliche Neuordnung könne aber, wie kulturelle Umstellungen überhaupt, nicht von heute auf morgen erfolgen; die Beratungen zu einer Schulreform seien jedoch im Gange, und einzelne Fragen seien ja auch bereits durch die bekannten Erlasse des Reichsministers geregelt. Der Vertreter der T. H.

Karlsruhe, Prof. Dr. EBERT, wies auf die besonderen, mit der Hochschule verbundenen Reichsinstitute für Erhaltung der Nahrungsmittel und das Wasserbaulaboratorium hin und erinnerte an die Entdeckung der elektrischen Wellen und die erste synthetische Ammoniakgewinnung in der Karlsruher Hochschule. Er wünschte der Tagung, die dem Besten dient, was wir in Deutschland haben, nämlich unserer zukunftsreichen Jugend, vollen Erfolg. Die Größe der Reichsleitung und der Abteilung II des NSLB überbrachte Oberstudiendirektor Dr. GRIEPENTROG. Er sprach den Wunsch aus, daß neben die bewährte Förderung der Sacharbeit auf dieser Tagung auch der organisatorische Anschluß des Vereins an den NSLB zum beiderseitigen Vorteile treten möge. Für den mathematischen Reichsverband sprach Prof. Dr. HAMEL, Berlin, der betonte, daß Schule und Hochschule jetzt mehr denn je zum Besten des Volkes zusammenarbeiten müßten. Der Vorsitz der Vereins, O.St.-Dir. Dr. GÜNTHER, Dresden, dankte den Rednern und unterstrich, daß die Pflege des Wehrgedankens dem Verein heilige Verpflichtung sei, heute mehr denn je, nachdem der Führer dem deutschen Volke seine Wehrhoheit und dem Rheinlande seine Freiheit wiedergegeben habe. Das Ringen um Volk und Heimat und Wehr im Sinne des Führers sei höchstes Ziel des Vereins.

Nach einem dreifachen Sieg-Heil auf den Führer fand mit dem Deutschland- und Horst-Wessel-Lied der Begrüßungsabend seinen Abschluß.

Allgemeine Sitzungen.

Prof. Dr. HAMEL (Berlin): Die Verbundenheit von Mathematik, Technik und Leben. Der Vortragende zeigte an einer Reihe von Beispielen, wie Naturbeobachtung und Mathematisierung sich stets gegenseitig befruchtet und ergänzt haben; manchmal hat die Theorie, manchmal die Beobachtung oder das Experiment die Führung gehabt. Wenn auch uferloses Theoretisieren abzulehnen ist, und wenn auch die Theorie immer wieder an der Erfahrung neu durch den Versuch erhärtet werden muß, so läßt sich der Geistesflug der Theorie jedoch ebensowenig verbieten, wie sich das Fliegen mit dem Flugzeug verbieten läßt. Wirklichkeitsnahe bleiben wir nur dann, wenn wir Beobachtung und Mathematisierung als gleichberechtigte Dienerinnen in den Dienst des Volkes stellen. — Die Möglichkeit mathematischer Formulierungen in der Biologie, Medizin und Volkswirtschaftslehre hängt davon ab, ob die hinreichend eindeutigen Größenklassen von Erscheinungen vorliegen, die sich mathematisch streng erfassen lassen. Der Vortrag von Dr. REX (Pforzheim) über „Die mathematischen Naturgesetze der Volkwerdung aus Rassengemischen“ ging vom chemischen Massenwirkungsgesetz aus, leitete für das Blutgruppen-gleichgewicht der ganzen Menschheit und für das Pigmentgleichgewicht des deutschen Volkes „das Massenwirkungsgesetz der deutschen Volkwerdung“ mathematisch ab und fand es durch die Statistik bestätigt. Die Anwendung des für die tote Materie geltenden chemischen Massenwirkungsgesetzes auf Erscheinungen der belebten Natur hält der Vortragende für zulässig, weil aus inneren Gründen eine weitgehende Gemeinsamkeit der Naturgesetze für die in Frage stehenden Sachgebiete bestünde. — Prof. Dr. GUENTHER (Freiburg) sprach an Hand von Lichtbildern aus Deutschland und aus dem Ausland über „Deutsche Heimatlehre als Baustein zum neuen Deutschland“. Er rief die Lehrerschaft auf, mitzuwirken an der Wiedererweckung der alten deutschen Naturverbundenheit, wie sie schon die Germanen besaßen und wie sie die schöpferischen deutschen Meister alter und neuer Zeit erhalten haben. — Prof. Dr. BASTIAN SCHMID (München) führte in seinem Vortrage über Wege und Ziele der Tierpsychologie an der Hand von Beispielen in seine bekannten Arbeitsmethoden ein. Die seelischen Eigenschaften der Tiere zeigen eine große Eigenständigkeit, so daß Fortschritte auf dem Gebiete der Tierpsychologie nur zu erzielen sind, wenn wir das einzelne Tier in seinen höchst eigenartigen seelischen Eigenschaften, in seiner Ganzheit, ohne mechanistische oder antropomorphe Voreingenommenheit und aus einer natürlichen Tierliebe heraus beobachten. — In seinem Vortrage über Wege zur Einheit von Wissenschaft und Bildung (geistige Fließarbeit) setzte sich Studienrat Dr. MENZ (Hildesheim) dafür ein,

daß in der Wissenschaft wie in den Grundlagen der deutschen Bildung einheitliche Begriffe, Laute und Zeichen eingeführt und genormt werden und daß die Fremdwörter verschwinden. Durch diese Normung und durch die Schaffung von Merkblättern soll eine „geistige Fließarbeit“ ermöglicht werden, die bei einem Mindestmaß von Anstrengung das Höchstmaß von Erfolg für Wissenschaft und Unterricht verspricht und zur Vereinheitlichung von Wissenschaft und deutscher Bildung führte.

Dr. H. BIEBER (Hamburg): Die Naturwissenschaft als Wegbereiterin des weltanschaulichen Umbruchs. Der Vortragende stellte drei große Epochen in der naturwissenschaftlichen Erkenntnis der Neuzeit heraus, die durch die Begriffe Mechanistik, Energetik und Atommechanik gekennzeichnet werden. Jede dieser Epochen bereitete einer neuen Weltanschauung den Weg, der Aufklärung, dem Liberalismus und der völkischen Weltanschauung. In der Physik tritt in unserer Zeit etwas Unberechenbares ein, und parallel damit fällt auch der liberale Glaube, das ganze Leben nach dem Bilde eines Automaten durch Gesetze regeln zu können. Die Physik wird ihre führende Rolle an die Biologie abtreten müssen. — Auch der naturwissenschaftliche Unterricht hat an der weltanschaulichen Erziehung der älteren Schüler mitzuarbeiten.

Physikalische Fachsitzungen.

Prof. Dr. WEBER (Freiburg): Volksschulphysik und Physik an den höheren Schulen. Jeder physikalische Unterricht muß sich bemühen, in strengster Betonung des Experimentes und der eigenen Beobachtung begriffliche Klarheit zu schaffen. Die technischen Anwendungen sind immer erst dann zu behandeln, wenn die erarbeiteten Begriffe ein genügendes Verständnis erwarten lassen. Bis jetzt haben die verschiedenen Schularten, Volksschule, Gewerbeschule, Handelsschule, höhere Schule nur je ihre eigene Physik getrieben ohne gegenseitige Fühlungnahme. Ein erfolgreicher Aufbau und eine Steigerung der geistigen Bereitschaft in der Masse des Volkes konnte so nicht erzielt werden. Im Rahmen des NSLB kann der Boden geschaffen werden, auf dem die gesamte deutsche Lehrerschaft sich ohne Standesvorurteile zu gemeinsamer Arbeit zusammenfindet für den Dienst am Vaterlande. — Prof. Dr. BÜHL (Karlsruhe): Grundlagen der Luftfahrt. Die wichtigsten Erscheinungen der Strömungslehre werden an Versuchen und Modellen gezeigt und erklärt. — Dipl.-Ing. E. DINNER (Karlsruhe): Die Methoden der modernen experimentellen Ballistik. Die rechnerische Erfassung der in der Ballistik auftretenden außerordentlich schnellen Bewegung, der großen Drücke und hohen Temperaturen ist nur möglich, wenn einwandfreie Messungen vorliegen. Der Vortragende schilderte die bedeutenden Fortschritte, die in den letzten Jahren auf diesem Gebiet erzielt worden sind durch Weiterentwicklung bekannter Meßmethoden und durch Schaffung neuer Hilfsmittel. — Privatdozent Dr. TEICHMANN (Dresden):

„Einfache Unterrichtsversuche zur Ballistik“ und „Einfache Verfahren zum Nachweis von Atomtrümmern“. Die vorggeführten Versuche sind beschrieben in „Einführung in die Lehre vom Schuß“, herausgegeben vom Vortragenden in Gemeinschaft mit Dr. GEY, und „Einführung in die Quantenphysik“, herausgegeben von dem Vortragenden, beide Schriften im Verlag B. G. Teubner. — St. R. BERLAGE (Hannover) führte die folgenden selbstgebauten Geräte zur Fluglehre vor: 1. Windkanal mit 2 gegenläufigen, von je 1 Motor getrennt anzu-treibenden Propellern, wodurch bei gleicher Drehzahl der Motoren die Wirbelbildung verschwindet. 2. Eine Komponentenwaage, die mit einer einfachen Vorrichtung zur leichten Einstellung des Anstellwinkels von Tragflächenmodellen versehen ist. — St. R. SPRENGER (Köln): Neue Versuche zur Flugphysik. Es wurden zuerst Versuche an einem Umlaufgerät gezeigt, bei dem die Versuchskörper durch das ruhende Luftmeer geführt werden. Eine Vorrichtung zum Hochziehen des Antriebsgewichtes ermöglicht rasches Experimentieren. Dann führte der Vortragende eine Komponentenwaage vor, bei welcher das Polardiagramm durch Projektion auf einer Tafel entworfen werden kann. — O. St. Dir. Dr. WILDERMUTH (Stuttgart-Cannstatt): Vorführung von Geräten zur Fluglehre auf der Mittelstufe. Der Vortragende führte alle für die Mittelstufe der höheren Schulen in Frage kommenden messenden Versuche zur Strömungslehre am LILIENTHALSchen Luftrundlauf vor. — Dr. H. KRÖNCKE (Berlin): Eigenschwingungen und Kippschwingungen. Der Vortragende zeigte einige zum Teil bisher unbekannte akustische Kippschwingungen, die auf zwei verschiedene Grunderscheinungen (Wirbelpendelung und BERNOULLI-Prinzip) zurückgeführt werden. — St. R. Dr. HEUSSEL (Gießen): 1. Versuche mit einem empfindlichen Elektrometer; 2. Elektronenwolke in einem Kristall. Das Schulelektrometer mit platinisiertem Quarzfaden besitzt bei fast augenblicklicher Einstellung die Empfindlichkeit der gebräuchlichen Schul-Quadrantelektrometer. — In seinem Vortrage über die BRAUNSche Röhre erläuterte Prof. Dr. I. WEISS (Freiburg) die modernen Kathodenstrahloszillographen und führte Versuche damit aus.

Chemische Fachsitzungen.

Prof. Dr. HENGLEIN (Karlsruhe): Die Rohstoffe der chemischen Technik. Die chemische Industrie ist vom Rohstoffbezug aus dem Auslande verhältnismäßig unabhängig; aus ganz einfachen Stoffen wie Wasser, Luft, Kohle, Kalk, Steinsalz, Gips usw. werden durch Veredelung hochwertige Erzeugnisse hergestellt. Die große Bedeutung der Stein- und Braunkohle für die deutsche chemische Industrie wurde besonders hervor-gehoben. Mangel besteht namentlich an Schwefel-erzen, Phosphorit und Chromerzen, sowie an tierischen und pflanzlichen Fetten und an tierischen Häuten. Alles Dinge, die eingeführt werden müssen. Dennoch verbraucht die chemische Industrie

nur 3% der Einfuhr, während sie 15,5% der Ausfuhr bestreitet. — Prof. Dr. STAUDINGER (Freiburg): Über die Bedeutung der Hochmolekularen für Biologie und Technik. Die hochmolekularen organischen Verbindungen haben viel höhere Molekulargewichte (100000 bis 500000) als man früher annahm (1000 bis 2000). Verbindungen mit so großen und außerdem stäbchenförmigen Molekeln besitzen in bestimmten Lösungsmitteln ein besonders starkes Quellungsvermögen und sind hochviskos. Daher bilden sie die Ausgangsstoffe für die Herstellung der Kunstfasern, Filme und Kunststoffe und liefern um so längere und haltbarere Fasern und Filme, je weniger der natürliche Zusammenhang der stäbchenförmigen Molekeln durch mechanische oder chemische Eingriffe zerrissen wird. Die chemische Zusammensetzung der organischen Pflanzenstoffe erscheint verhältnismäßig eintönig, denn diese bestehen fast nur aus COHN. Die außerordentliche Größe der Molekeln aber läßt eine unendliche Mannigfaltigkeit von Gruppierungen der Atome und Atomgruppen zu, welche die unermeßliche Mannigfaltigkeit der chemischen und physikalischen Eigenschaften der organischen Stoffwelt verständlich macht. Der Aufbau dieser unendlichen Mannigfaltigkeit aber ist das Geheimnis des Lebens. — Dir. Dr. SCHMIDT (Mannheim-Waldhof) über Zellstoff- und Papiergewinnung. Nach einer Schilderung der geschichtlichen Entwicklung der Papierfabrikation beschrieb der Vortragende eine neuzeitliche Zellstoffabrik mit ihren Einrichtungen für Haupt- und Nebenerzeugnisse und ging am Schluß auch auf die zellstoffverarbeitenden Industrien ein. — Zur Deckung des Holzverbrauches des Zellstoffwerkes Mannheim ist eine Waldfläche von 50000 ha erforderlich! — Prof. Dr. Stock (Karlsruhe): Die Quecksilbergefahr in der Schule. Auch in schlechtgelüfteten Schulräumen, in denen häufig Quecksilber versprengt wurde, kann der Gehalt der Luft an Quecksilberdampf auf 10 bis 20 γ je Kubikmeter steigen, wenn eben nicht regelmäßig gelüftet wird. Derart hohe Quecksilbergehalte rufen bei fast allen Menschen Vergiftungserscheinungen (rasche Ermüdung, Arbeitsunlust, Gedächtnishemmungen usw.) hervor, sobald sie sich längere Zeit in diesen Räumen aufhalten. Empfindliche Menschen leiden schon unter ganz wesentlich geringeren Quecksilberdampf-mengen in der Luft (0,5 bis 1 γ), wie sie in physikalisch-chemischen Räumen häufig vorkommen. Vorsichtsmaßregeln: Sauberhaltung der Räume von verspritztem Quecksilber, häufiges Lüften der Räume und Überstreuen von Ritzen und Löchern, in denen nicht erreichbares Quecksilber steckt, mit 5%iger Jodkohle. — Prof. Dr. EBERT (Karlsruhe): Chemische Bildung und Ausbildung an Hoch- und Mittelschule. Von Medizinern, Nahrungsmittelchemikern, Ingenieuren, namentlich Maschinenbauern und Offizieren der Wehrmacht, werden immer mehr chemische Kenntnisse gefordert, und das Leben ist im Begriff, sich im schnellen Tempo chemisch zu orientieren. Um den allgemeinen Stand der chemischen Vorbildung zu heben, müßte an allen höheren Schulen, an

denen Chemie gelehrt wird, ein annähernd gleiches Maß von chemischen Grundkenntnissen angestrebt werden. Der Vortragende ist der Ansicht, daß dies ohne Vermehrung der Stundenzahl für die Chemie allein durch engere Anlehnung an die Physik möglich sein müsse. Der Unterschied in der chemischen Elementarbildung an den verschiedenen Schulen dürfte bei den Abiturienten nicht viel größer sein als in der Physik. Um den Anforderungen eines chemischen Unterrichtes gewachsen zu sein, der auf die allgemeinen Fragen gerichtet und zeitgemäß eingestellt sein müsse, müßten die Lehrer der höheren Schulen die Verbindung mit den Hochschullehrern und den Berufschemikern dauernd aufrechterhalten, und durch Ferienkurse und Studiensemester für ältere Lehrkräfte müßten diese auf dem laufenden bleiben. — Die Ausbildung der Studierenden des chemischen Lehramts müsse eine andere sein als die der künftigen Berufschemiker, aber sie dürfe von den Hochschuldokzenten nicht als weniger bedeutungsvoll und daher nebensächlich behandelt werden. — Dozent Dr. EGON WIBERG (Karlsruhe): Über den heutigen Stand der künstlichen Elementverwandlung.

Mathematische Fachsitzungen.

Prof. Dr. MERKEL (Karlsruhe): Die mathematischen Grundlagen der Photogrammetrie und ihre Anwendung in der Praxis. Der Vortragende behandelte nach kürzerer Betrachtung der älteren terrestrischen Photogrammetrie die photogrammetrischen Aufnahmen vom Flugzeug aus und erläuterte die mathematischen Aufgaben, die bei der Herstellung von Karten aus solchen Aufnahmen zu lösen sind. — St.Dr. LAMPE (Elsterwerda): Sport und Wehrsport im mathematischen Unterricht. Der Redner wies auf die Schwierigkeiten hin, die sich bei der Messung und Wertung sportlicher und wehrsportlicher Leistung ergeben und zeigte an verschiedenen Beispielen, welche mathematischen Überlegungen und Konstruktionen zur Verbesserung herangezogen werden können. — Prof. Dr. A. WITTING (Dresden) sprach über Funktionen mit gesetzmäßig veränderlicher Periode.

Prof. Dr. HAMEL (Berlin) behandelte die Pflege der angewandten Mathematik an den Hochschulen. Der Vortragende forderte die Pflege der angewandten Mathematik auch an den Universitäten, wo fast ausschließlich reine Mathematik getrieben würde. Denn die zukünftigen Lehrer der Mathematik müßten in der Lage sein, sie auf der Schule so zu lehren, daß neben der Idee auch der Nutzen für das ganze Volk zum Ausdruck käme. — St.R. DORNER (Berlin-Spandau): Stellung und Ausrichtung der angewandten Mathematik an den höheren Schulen. Die herrschende Stellung im mathematischen Unterricht gebühre in Zukunft den Anwendungen. Die reine Mathematik bleibe jedoch das tragende, aber dienende Gerüst. Die Anwendungen jedoch müßten echt sein, d. h. aus der Wirklichkeit im Leben von Rasse, Volk, Familie, aus Wirtschaft, Technik, Wehrwesen entnommen

werden, damit neben mathematischen Fähigkeiten nationalpolitisch wertvolle Einsichten vermittelt würden. — Eine Abendsitzung des mathematischen Reichsverbandes diene dem Meinungsaustausch der Mathematiker in diesen Fragen. — Prof. Dr. WALTHER (Darmstadt) sprach über anschauliche Mathematik. Prof. Dr. Blaeß (Darmstadt): Forderungen der modernen Technik an die Mathematik und die mathematische Vorbildung und Schulung. Die ungestüme Entwicklung der Technik stelle an Ingenieure und Techniker immer höhere Anforderungen hinsichtlich ihres theoretischen (mathematischen) Rüstzeuges. Dieses aber dürfe nicht abstrakt, sondern müsse anschaulich und auf die wahren Bedürfnisse der Technik eingestellt sein. Daher sollte der mathematische Unterricht der höheren Schulen schon größeren Wert auf die Veranschaulichung legen, und die höheren Schulen sollten die Hochschule durch Übernahme grundlegender Disziplinen, wie z. B. der darstellenden Geometrie und Vektoralgebra, entlasten und so auch den „unheilvollen Knick“ im Mathematikunterricht beim Übergang von der höheren Schule zur Hochschule möglichst beseitigen.

Biologische Fachsitzung.

Prof. Dr. SCHWARTZ (Karlsruhe): Biologische Grundlagen der Lebensmittelkonservierung durch Kälte. Die Kältekonserverung von pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln erfordert das Zusammenwirken von Biologie, Chemie und Technik. Die Durchprüfung der Bedingungen für die Erhaltung der Nahrungsmittel in genußfähigem Zustand und ohne Substanzverlust hat ergeben, daß die Einrichtung der Kühlräume sich der Verschiedenheit der Nahrungsmittel weitgehend anpassen muß, sowohl was die Lagerungstemperatur als den Feuchtigkeitsgehalt der Luft, die Zuhilfenahme von Gasen (CO_2 , O_3) und die vorausgegangene Verunreinigung durch Bakterien anlangt. — Prof. Dr. AUERBACH (Karlsruhe): Die hydrographisch-biologische Erforschung des Bodensees. Der Vortragende berichtete über die Forschungsergebnisse der Anstalt für Bodenseeforschung in Konstanz-Staad, die er 1919 mit der Stadt Konstanz gegründet hat. Es wurden neben den Temperaturen namentlich die Strömungsverhältnisse, der Gehalt an Gasen und der Härtegrad des Wassers untersucht, und es wurde festgestellt, daß das Rheinwasser im Sommer in einer ~ 20 m dicken Schicht über das tiefere, fast in Ruhe befindliche Seewasser hinwegströmt. Der Redner gab sodann noch eine Übersicht über die Lebewelt des Bodensees, die sich nach den 3 Hauptlebensbezirken in die Bewohner des Ufers, des Seebodens und des freien Wassers gliedert. — Prof. Dr. LEININGER (Karlsruhe) sprach zur Tiergeographie des Oberrheingebietes.

Geologisch-geographische Fachsitzung.

Prof. Dr. GÖHRINGER (Karlsruhe) sprach über die geologische Geschichte, den Aufbau und die Besiedelung des Schwarzwaldes und

seiner Randgebiete, und veranschaulichte seinen Vortrag an einem auseinanderlegbaren geologischen Relief von Deutschland. Der Grundgebirgssockel des Reliefs besteht aus massiven Holzteilen; die darüber lagernden einzelnen Formationen vom produktiven Carbon bis zum Quartär bestehen aus gefärbten Lappen von dickem Tuche, die man beliebig abheben und wieder auflegen und durch Druckknöpfe in ihrer Lage festhalten kann. Die einzelnen Schollen, Horste und Gräben des Untergrundes sind beweglich gemacht. — Prof. Dr. REUTLINGER (Darmstadt): Geophysikalischer Experimentalvortrag über die praktische Geophysik in ihrer Verwendung bei der geologischen Lagerstättenforschung.

Verschiedenes.

In der geschäftlichen Sitzung wurde an Stelle des wegen Arbeitsüberlastung aus dem Vor-

stande ausscheidenden 1. Vorsitzers O.St.Dir. Dr. GUENTHER (Dresden), O.St.Dir. Dr. FLADT (Tübingen) gewählt. Prof. Dr. K. HAHN (Hamburg) wurde in den Vorstand berufen. — Die Verhandlungen über den Anschluß des Vereins an den NSLB wurden so weit gefördert, daß ihr Abschluß unmittelbar bevorsteht.

Mit der Versammlung war eine Bücher- und Lehrmittelausstellung verbunden und die Firmen Kohl, Chemnitz, und Leybold, Köln, veranstalteten besondere Experimentalvorträge. — Zahlreiche Institute der Technischen Hochschule führten durch ihre Räume.

Den Abschluß der Tagung bildeten Besichtigungen von industriellen Anlagen (z. B. Stickstoffwerk Oppau, Zellstoffwerk Mannheim-Waldhof, Benz-Werke Gaggenau), ein geologischer Lehrausflug nach Baden-Baden unter Führung von Prof. GÖHRINGER und eine Schwarzwaldfahrt mit Besichtigung des Murgtalkraftwerkes. *Dm.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure. Von R. ROTHE. Teil III. Mit 170 Figuren im Text. IX und 238 Seiten. Teubners mathematische Leitfäden, Bd. 23. Leipzig u. Berlin: B. G. Teubner 1935. Preis kart. RM 6,60.

Nun liegt auch der lange erwartete dritte Teil dieses ausgezeichneten Werkes vor. Er behandelt in 3 Hauptabschnitten: Krumme Flächen und krummlinige Koordinaten des Raumes; Linienintegrale im Raume, Doppelintegrale und mehrfache Integrale; Differentialgleichungen.

Schon die Durchmusterung der im Inhaltsverzeichnis zusammengestellten Unterabteilungen mit den darin eingeordneten Einzelheiten läßt den Plan erkennen, neuzeitliche Mathematik auf ihre Anwendungen in Naturwissenschaft und Technik abzustimmen. Prüft man die Durchführung selbst nach, so zeigt sich eine solche Darstellung allgemeiner Verfahren, daß der Zusammenhang von Sonderfällen mit umfassenden Sätzen erkennbar bleibt. In vieljähriger eigener Lehrtätigkeit hat R. ROTHE Gedankengänge entwickelt, die eine Brücke schlagen zwischen reiner und angewandter Mathematik.

Leicht zu lesen ist das Buch nicht. Ein umfangreicher und zu beträchtlicher Höhe aufsteigender Stoff, der auf knappem Raume so bearbeitet werden soll, daß die heutigen Anforderungen an wissenschaftliche Strenge hinreichend befriedigt werden, läßt sich eben nicht im Erzählerton abhandeln. Ich sehe keinen Fehler darin, wenn der Verfasser dem Leser erhebliche Anstrengung zumutet: vorausgesetzt, daß die Mühe auch lohnt. Hier leuchtet das Ziel, zu eigenem Nachdenken über „höhere Mathematik“ befähigt zu werden und zu einer vertieften Auffassung naturwissenschaftlicher und technischer Anwendungen zu kommen. Die jeweils erreichten Fortschritte können an den sorgfältig ausgewählten Übungsauf-

gaben erprobt werden, die sich an die wichtigsten Abschnitte anschließen. ROTHE'S Höhere Mathematik bietet dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrer reiche Möglichkeiten, diesen Stoff mit der schulmäßig zu unterrichtenden Elementarmathematik im Sinne der Bestrebungen F. KLEINS in Zusammenhang zu bringen, d. h. Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus zu treiben. Daher sei das Werk der Lehrerschaft noch ganz besonders empfohlen. *Mth.*

Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure. Von R. ROTHE. Teil IV: Übungsaufgaben mit Lösungen; Formelsammlung. Unter Mitwirkung von O. DRGOSANG. 3. Heft: Integralrechnung. Mit 24 Abbildungen im Text. II und 49 Seiten. Teubners mathematische Leitfäden, Bd. 35. Leipzig u. Berlin: B. G. Teubner 1936. Preis kart. RM 2,—.

Mit diesem 3. Hefte werden die beiden ersten fortgesetzt, die in unserer Zeitschrift 45, 232; 1932 und 48, 135; 1935 besprochen sind. 146 Aufgaben schließen sich an den Abschnitt I „Integralrechnung“ des 2. Teils der Höheren Mathematik von R. ROTHE an. Die früher betonten Vorzüge sind, wie zu erwarten, auch hier wieder festzustellen. Die Integration unbestimmter und bestimmter Integrale hat keineswegs die Bedeutung, den im Lehrbuche behandelten Stoff lediglich einzuüben, sondern die Beispiele sind so ausgewählt, daß der Benutzer der Sammlung Klarheit gewinnt über die Bedeutung der Verfahren, die er in der Vorlesung kennengelernt hat. Einzelne Aufgaben erweitern sogar den Lehrstoff und sind dann mit ausführlicheren Anweisungen versehen, gleichsam als eine Vorbereitung durch den Lehrer. Auch neuere Ergebnisse der Wissenschaft sind in den Beispielen herangezogen. Das Heft ist nicht nur für die Hochschule, sondern auch für den Schulunterricht brauchbar, da es dem Mathe-

matiker und Naturwissenschaftler Stoff bietet, der sich dazu eignet, Schülern die Mathematik näher zu bringen. *Mth.*

Einführung in die Vektor- und Tensorrechnung unter besonderer Berücksichtigung ihrer physikalischen Bedeutung. Von HARRY SCHMIDT. VII, 125 Seiten mit 20 Abbildungen im Text. Leipzig: Max Jänecke 1935. Preis kart. RM 5,80.

Das Buch behandelt die Vektoralgebra, die Vektoranalysis (mit Beispielen aus der Hydrodynamik) und die Grundzüge der elementaren Tensorrechnung. Das Besondere liegt in der Art der Behandlung. Verfasser geht von der Erfahrung aus, daß „ein völlig strenger, an den Begriff der reellen sowie den der komplexen Zahl unmittelbar anknüpfender rein algebraischer Aufbau der Vektorrechnung gerade dem Anfänger viel mehr zusagt als die übliche, bei Beweisführungen fortgesetzt auf die Anschauung sich berufende geometrische Verkleidung des Sachverhalts“. Ich möchte dem Verfasser hierin weitgehend beipflichten; auch wird es dem Anfänger dadurch leichter, die Begriffe später auf vier- und mehrdimensionale Räume zu übertragen. Das Buch gewinnt dementsprechend seine Sätze auf algebraischem Wege, wobei besonderes Gewicht auf klare und exakte Definitionen und auf mathematisch einwandfreie Schlußweisen gelegt wird; die geometrische Interpretation und Bedeutung folgt. Bei dem schönen und klaren Aufbau des Buches ist es schade, daß bei den grundlegenden Sätzen von GAUSS und von STOKES auf Sätze zurückgegriffen wird, für deren Beweis „auf die einschlägige Lehrbuchliteratur verwiesen werden“ muß.

Im ganzen aber ist ein Buch entstanden, das klar, gut verständlich und leicht lesbar ist, und das dem Studenten zur Einführung aufs beste empfohlen werden kann. *E. Lamla.*

Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und Physik. Herausgegeben von PHILIPP FRANK und RICHARD v. MISES. Zweiter physikalischer Teil unter Mitarbeit von G. BECK-Kansas (USA.), R. FÜRTH-Prag, R. v. MISES-Istanbul, F. NOETHER-Tomsk, G. SCHULZ-Berlin, A. SOMMERFELD-München, E. TREFFTZ-Dresden, herausgegeben von PHILIPP FRANK. Zweite vermehrte Auflage, zugleich achte Auflage von RIEMANN-WEBERS partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik. 28 Kapitel, 1106 Seiten, 110 Abbildungen, 15 cm × 22 cm. Braunschweig: Vieweg und Sohn. Preis geh. RM 60,—; geb. RM 65,—.

Wer die Entwicklung dieses groß angelegten Werkes, dessen zweiter Band nun auch schon in zweiter Auflage vorliegt, miterlebt hat und es immer wieder bei seinen Arbeiten als Ratgeber und Förderer herangezogen hat, dem erscheint es überflüssig, noch besondere Worte der Empfehlung zu sagen. Vielmehr wird er das Bedürfnis empfinden, den Männern seinen Dank auszusprechen, die das Werk dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechend so vollendet und

glücklich aufgebaut haben. Sie haben es in demselben Geiste getan, in dem es einst von RIEMANN und seinem Mitarbeiter HATTENDORFF begonnen und von HEINRICH WEBER seinerzeit entsprechend so meisterhaft weitergeführt worden war.

Es kann natürlich nicht Aufgabe einer solchen Besprechung sein, von neuem über alle 28 Kapitel dieses Bandes zu berichten. Es dürfte genügen, kurz das Neue hervorzuheben, das diese Auflage gebracht hat. Gerade während der Drucklegung der ersten Auflage waren die grundlegenden Arbeiten von SCHRÖDINGER über Wellenmechanik erschienen. Die zweite Auflage enthält dementsprechend einen ganz neuen Abschnitt, den sechsten, welcher dieser Mechanik gewidmet ist, in der Bearbeitung von GUIDO BECK.

Dieser Abschnitt enthält 5 Kapitel. Das 24. Kapitel: Erörterung der Fragestellung, welche zu einer Wahrscheinlichkeitsfunktion führt, die der sog. SCHRÖDINGERSchen Differentialgleichung genügt; Problemstellung, welche von der der klassischen Mechanik nicht unerheblich abweicht. Beziehungen zur klassischen Mechanik und Betrachtung von Grenzfällen, in denen die Lösung der SCHRÖDINGER-Gleichung aus der HAMILTON-JACOBISchen Differentialgleichung gewonnen werden kann. Näherungsweise Integration im eindimensionalen Fall mit Anwendungen, z. B. auf den radioaktiven α -Zerfall.

25. Kapitel: Das Verhalten der Lösungen der SCHRÖDINGER-Gleichung im Unendlichen. Wenn die Lösungen dort endlich bleiben sollen, gelangt man zu einem Randwertproblem. Entwicklung nach Eigenfunktionen. Algebraische Interpretation, Matrizenmechanik.

26. Kapitel: Die wichtigsten Lösungstypen der SCHRÖDINGER-Gleichung. Rotator und Drehimpuls. Der harmonische Oszillator und die Lösung durch HERMITESche Polynome. Elektron im Zentralfeld, Elektron im COULOMB-Feld, axialsymmetrische Lösungen, Streuung einer ebenen Welle. Elektron im periodischen Kraftfeld.

27. Kapitel: Störungstheorie; hier werden Fälle behandelt, bei denen keine explizite Lösung existiert, wo man sich aber auf ein benachbartes Problem stützen kann, dessen Lösung explizit bekannt ist und das als „ungestört“ bezeichnet wird; Beispiel: die Dispersionstheorie. Mehrkörperproblem, d. h. Übergang zur Bewegung mehrerer Teilchen, die SCHRÖDINGER-Gleichung in diesem Falle, z. B. Mitbewegung des Kernes.

28. Kapitel: Die relativistische Wellengleichung: Übergang zur relativistischen Mechanik, also zu Fällen, bei denen die Geschwindigkeit der Teilchen nicht mehr klein gegenüber der Lichtgeschwindigkeit ist. Die DIRACschen Wellengleichungen der Elektronen. Lösungen der DIRACschen Gleichungen: Elektron im Zentralfeld, Drehimpuls und Symmetrieentartung, kräftefreie Bewegung, Elektron im COULOMB-Feld, das diskrete Energiespektrum.

Da es zum Verständnis der Wellenmechanik wichtig ist, daß man sich die Analogie zwischen Lichtstrahlen und mechanischen Bahnkurven klar macht, wurde im ersten Abschnitt ein besonderes,

erstes Kapitel „Strahlenoptik“ eingeführt und die Darstellung der theoretischen Dynamik so abgeändert, daß die mechanisch-optische Analogie überall deutlich hervortritt. In dem neu eingeführten Kapitel findet man auch die Behandlung des Elektronenmikroskops.

In der ersten Auflage war die Hydromechanik von mehreren Autoren: v. KÁRMÁN, OSEEN und FAXÉN behandelt worden. Diese neue Auflage bringt eine einheitliche Darstellung durch v. MISES und GÜNTHER SCHULZ. Im 10. Kapitel des zweiten Abschnittes werden die Grundlagen der Hydromechanik behandelt: Aufstellung der Grundgleichungen und Gleichgewichtsprobleme. Im 11. Kapitel folgt die Theorie der idealen Flüssigkeiten: ebene Potentialströmung, spezielle Probleme, z. B. die Tragflügeltheorie, räumliche Potentialströmung, Wirbelbewegung. Im 12. Kapitel endlich die Theorie der zähen Flüssigkeiten: Grundprobleme, Ansätze zur Integration der Bewegungsgleichungen für zähe Flüssigkeiten, soweit solche bis jetzt vorhanden sind; Widerstandsformeln und Grenzschichttheorie.

Die neue Bearbeitung des Werkes wird sicherlich ebensovielen Studierenden und Forschern anregend und beratend zur Seite stehen, wie es die früheren in so reichem Maße getan haben.

R. Fuchs.

Vorlesungen über Geschichte der antiken mathematischen Wissenschaften. Von O. NEUGEBAUER. I. Band: Vorgriechische Mathematik. Bd. XLIII der Grundrissen der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete, herausgegeben von R. COURANT. Berlin: Julius Springer 1934. XII und 212 S. 61 Fig. Geb. RM 19,60.

Die Durchforschungen der sumerisch-babylonischen Keilschrifttexte auf mathematischen Inhalt sind von außerordentlichem Erfolge gekrönt. THUREAU-DANGIN in Frankreich, vor allem O. NEUGEBAUER in Göttingen, jetzt Kopenhagen, haben überraschende Funde gemacht. Während bisher der grelle Glanz der griechischen Mathematik alles vor ihr Dagewesene in Dunkelheit und Vergessenheit versetzt hat, zeigt sich jetzt, daß ihr Hauptinhalt vorgriechisch ist. Was der Grieche von Ägypten oder Babylon her übernahm, wurde philosophisch durchgearbeitet. EUKLIDS Elemente sind nicht ein Lehrbuch der Elementarmathematik, sondern ein philosophischer Versuch, das System einer Logik zu entwickeln, nur ein Beispiel für die Anwendbarkeit philosophischer Theorien, die in der Schule PLATONS und ARISTOTELES' gipfeln. Waren bisher diese mathematisch-historischen Forschungen auf verschiedene Zeitschriften verteilt, so behandeln die angezeigten „Vorlesungen“ O. NEUGEBAUERs den gefundenen Stoff einheitlich und in einer Darstellungsform, die geeignet ist, auch weiteren, nicht mathematischen Kreisen diese neuesten Forschungen zugänglich zu machen. Und wer dürfte daran nicht Interesse haben zu sehen, wie der griechischen Mathematik schon Jahrtausende vor ihrem Gipfelpunkt im Orient

vorgebaut worden ist, ja in einzelnen Fachgebieten Babylons Mathematik überhaupt nicht erreicht werden konnte? Man vergleiche das Rechnen der Griechen und die Verwendung von Zifferbuchstäben mit dem so überaus handlichen Sexagesimalverfahren Babylons, das sich zu weiterer Vereinfachung noch auf gewaltige Zahlentafeln stützte. Man vergleiche die schwülstige geometrische Algebra der Griechen im zweiten Buche der Elemente EUKLIDS, die Lösungen der quadratischen Gleichungen hier in El. II, 4, 5, 6, mit dem echt algebraischen Lösungsverfahren der Keilschrifttexte. Ja, kubische Gleichungen bewältigten die Gelehrten am Euphrat, indem sie sie auf die Form $n^3 + n^2 = a$ brachten und sich nun Tabellen von $n^3 + n^2$ herstellten, aus denen sie bei gegebenem a die Lösungen entnehmen konnten. Allerdings kam ihnen Sprache und Schrift in glücklicher Weise zu Hilfe. Wissenschaftliche Sprache blieb auch in spät-babylonischer Zeit das Alt-Sumerische, tot wie Sanskrit in Indien, Latein im Abendland; als man die sumerischen Worte und Zeichen längst nicht mehr allgemein lesen konnte, blieben sie als Symbole in der mathematischen Schrift, so wie wir sie in unserer modernen Algebra, allerdings in sehr langsamer Entwicklung, uns geschaffen haben. Eine weniger günstige Entwicklung nahm die ägyptische Mathematik. Die Bruchrechnung beharrte in der ausschließlichen Verwendung von Stammbrüchen; Zahlenrechnungsarten waren nur Addieren und Verdoppeln; ein Rechnen, wohl schwerfällig, aber immerhin zielbewußt und schließlich auch ausreichend, um das zu erreichen, was die Babylonier leichter und gefälliger errechnen konnten. Geometrische Aufgaben waren nur Anwendungsgebiete des Rechnens. Man schätzte aber ab, was die Vorgriechen leisten konnten, wenn im Papyrus Moskau uns die genaue Vorschrift, das Volumen eines Pyramidenstumpfes zu berechnen, entgegentritt.

Ohne den Rahmen eines Referates zu übersteigen, ist weiteres Eingehen auf NEUGEBAUERs „Vorlesungen“ nicht möglich; es muß sie jeder selbst durchstudieren, von Kapitel zu Kapitel wird sich das Interesse steigern. Die literarischen Quellenangaben sind genau und erschöpfend.

Tropfke.

Wehrphysik. Ein Handbuch für Lehrer. Herausgegeben von E. GÜNTHER. Mit 212 Abbildungen im Text, einer farbigen Wolkentafel und zwei Wetterkarten im Anhang. Mitarbeiter: F. BERLAGE, H. BOCKSCH, H. HANTZSCH, E. H. L. MEYER, K. STANGE, H. TEICHMANN, H. VOIGTS. VI und 188 Seiten. Frankfurt a. M.: Moritz Diesterweg 1936. Preis geb. RM 5,80.

In 8 Abschnitten wird behandelt: Sehen, Messen, Richten; Schall und Schallmessung; Lehre vom Schuß; Nachrichtenmittel; Fluglehre; Wetterkunde; Pioniermechanik; Verschiedenes. Nach dem Vorwort kommt es vor allem an auf „die Fragen und Verfahren, die dem Schüler beim Wehrsport im Gelände und auf dem Kleinkaliberschießstand entgegentreten“. Die Teile zerfallen in Aufgaben, die als Schauversuche, Praktikum-

versuche, Werkarbeit, Geländeversuche, mathematische und Rechenaufgaben gekennzeichnet werden.

F. F. MARTENS hat kürzlich in dieser Zeitschrift (49, 187; 1936) ausgeführt: „Gebrauch und Bedienung der neuzeitlichen komplizierten Wehrmittel können zwar nur während des Wehrdienstes erlernt werden, setzen aber ein gewisses Maß von mathematischen, physikalischen, chemischen und technischen Kenntnissen voraus. Je gründlicher diese Vorkenntnisse sind, um so schneller kann der Gebrauch der Wehrmittel erlernt werden.“ Um auch einen Berufssoldaten zu Wort kommen zu lassen, sei weiter erwähnt, daß der Vater der Reichswehr H. v. SEECKT (in: Moltke. Ein Vorbild. 1931) an einen Hinweis auf die Eigenart der Schule des Generalstabes den allgemein zutreffenden Ausspruch knüpft: „Der eigentliche Zweck der Schule ist die Erzielung eines möglichst hohen Durchschnittsmaßes und zugleich die Gewinnung einer Erziehungs- und Bildungsgrundlage, die dem einzelnen ermöglicht, nach seiner Begabung und seinen Kräften weiter zu bauen und sich weiter zu entwickeln.“

Physiker und Soldat stimmen also darin überein, daß die Schule sich darauf beschränken muß, Grundlagen zu geben; die Schüler sollen das Lernen lernen. Dazu eignet sich neben andern Stoffen auch die Physik, die nach A. HÖFLER (diese Zeitschrift 2, 8; 1888) den Vorzug hat, „daß der Schüler an dem denkbar einfachsten Stoff die denkbar exaktesten Methoden geübt sieht“.

Die Anwendungsbeispiele, die das vorliegende Buch bietet, haben verschiedenen Wert. Daß auch manches Entbehrliche aufgenommen ist, wird seinen Grund in dem Wunsche nach möglicher Reichhaltigkeit haben. Nach kritischer Sichtung aber, die vor der Frage nach dem Schulmäßigen (Vorwort!) keineswegs halt zu machen hat, bleibt noch immer genug übrig, um dem grübelnden Denken Nahrung zu geben, die Einbildungskraft zu beschäftigen, den Willen zu stärken und die Teilnahme des jugendlichen Gemüts zu erregen.

Das Buch ist für Lehrer bestimmt. Meines Erachtens sollte seine Benutzung dem erfahrenen Lehrer vorbehalten bleiben. Das hemmungslose Draufgängertum des Anfängers könnte dahin führen, daß die auf dem Reize der Neuheit beruhende erste Teilnahme der Schüler bald in Abneigung umschlägt. Ich habe besonders auf Versuche geachtet, durch verkrampften Stil über Platteiten hinwegzutäuschen. Daß davon nichts zu finden ist, stelle ich mit aufrichtiger Freude fest. *Mth.*

Physikalische Aufgabensammlung. Von G. MAHLER †. Neu bearbeitet von K. MAHLER. Mit den Resultaten. 5. verbesserte Auflage. 128 S. Band 243 der Sammlung GÖSCHEN. Berlin und Leipzig: W. de Gruyter u. Co. 1936. Preis geb. RM 1,62.

Die besondere Pflege, die unsere Zeitschrift den physikalischen Aufgaben in den ersten 20 Jahrgängen hat angedeihen lassen, beruhte auf einer hohen Einschätzung des bildenden Wertes gut

ausgewählter Beispiele. Je mehr sich in der Physik der Übungsunterricht durchsetzte, um so geringere Bedeutung wurde vielfach den rechnungsmäßig durchzuführenden Aufgaben beigemessen. Ganz umzubringen waren sie aber nicht. Die Notwendigkeit einer Neuauflage der MAHLERSchen Sammlung wird mit der neuerdings wieder stärker betonten Einsicht zusammenhängen, daß man die Sache erst durch die Beispiele verstehe. Das Büchlein kann durchaus zur Förderung des physikalischen Denkens beitragen. *Mth.*

Geschütz und Schuß. Eine Einführung in die Geschützmechanik und Ballistik. Von LUDWIG HÄNERT. Zweite, verbesserte Auflage. VI, 370 Seiten mit 161 Abbildungen im Text. Berlin: Julius Springer 1935. Preis geb. RM 27,—.

Das Buch soll „eine möglichst leicht verständliche, aber zuverlässige Einführung in das weite Gebiet der heutigen Waffenlehre sein. Es möchte dem jungen Offizier, Physiker und Ingenieur eine Grundlage geben, auf der er seine weitere Arbeit aufbauen kann“. Es behandelt die innere Ballistik (Gasgesetze, Zusammensetzung des Pulvers und die bei seiner Verbrennung auftretenden Erscheinungen), die Mechanik des Geschützes (Rücklauf, Abgangsfehler, Richten, Festigkeit der Rohre) und die äußere Ballistik (Bahn des Geschosses im luftleeren und im luftgefüllten Raum, Streuung und Treffwahrscheinlichkeit, Form und Beanspruchung des Geschosses).

Die Behandlung erfolgt unter möglichst geringem Aufwand an Mathematik in ausführlicher, klarer und gut verständlicher Weise. Angenehm für den Leser ist es, daß allerlei Beispiele wirklich durchgerechnet werden, und ferner, daß die experimentellen Methoden weitgehend besprochen werden. Man erkennt, daß der Verfasser, der Marinestudienrat für Mathematik und Mechanik an der Marineschule Mürwik ist, auf pädagogischen Erfahrungen aufbaut, und sicher wird das Buch über seinen eigentlichen Zweck hinaus z. B. auch dem Lehrer an höheren Schulen Dienste leisten können.

Andererseits finde ich es gerade bei einem für Anfänger bestimmten Buche bedauerlich, daß Verfasser häufig von der sonst in Mathematik, Physik und Technik gebräuchlichen Schreibweise abweicht. Z. B. werden Vektoren und Skalare durch die Schreibweise nicht unterschieden. ρ bedeutet sowohl den Vektor, der von O nach P geht, als auch neben θ und φ eine Polarkoordinate des Punktes P (S. 12). Nur am Operationszeichen erkennt man, daß es sich um die Summe von Vektoren handelt ($\rho_1 + \rho_2$). $\mathfrak{B}$ und v bedeuten Volumina im Unterschied zur Geschwindigkeit v . $\mathbf{B} = m\mathbf{v}$ bezeichnet einen Impuls, $\mathbf{K}$ eine Kraft, aber auch A eine Arbeit. Auch daß es heißt: „Die Geschwindigkeit v einer gleichförmigen Verschiebung ist der in einer Sekunde zurückgelegte und in m gemessene Weg“, klingt für ein physikalisches Ohr hart (S. 12). Der kurze Abschnitt über den „Satz von CORIOLIS“ (S. 15) wird für den Anfänger schwer verständlich sein. Auch

einiges von dem, was über Wahrscheinlichkeit gesagt wird, könnte und sollte etwas anders, etwas „moderner“ gefaßt werden (S. 329 und 333). Ich glaube, es würde den Wert des Buches erhöhen, wenn der Verfasser bei einer Neuauflage eine Durchsicht in der angedeuteten Hinsicht vornähme, und ich glaube auch, daß sich Verbesserungen in der angedeuteten Richtung leicht vornehmen ließen.

E. Lamla.

Lehrbuch der Elektronenröhren und ihrer technischen Anwendungen. 3. Band: Rückkopplung. 174 Seiten mit 85 Abb. Dritte und vierte vollständig umgearbeitete Auflage. Von Dr. H. BARKHAUSEN, Professor an der Technischen Hochschule Dresden. Leipzig: S. Hirzel 1935. Preis geh. RM 5,50, geb. RM 7,—.

Vom dem Lehrbuch der Elektronenröhren hat BARKHAUSEN bis jetzt 3 Bände veröffentlicht. Der erste Band erschien im Jahre 1931 und trägt die Bezeichnung „Allgemeine Grundlagen“; der zweite Band wurde im Jahre 1933 veröffentlicht und heißt „Verstärker“; der vorliegende Band „Rückkopplung“ behandelt die Theorie der Schwingungserzeugung durch die Röhre und im zweiten kleineren Teile die Theorie der Entdämpfung; ein vierter Band „Gleichrichter und Empfänger“ soll folgen. Seit BARKHAUSEN seine ersten Bücher über Elektronenröhren schrieb, sind mehr als 10 Jahre vergangen, die einen ungeheuren Entwicklungsgang umfassen. Zu jener Zeit nannte BARKHAUSEN seine Werke noch nicht „Lehrbücher“, wohl in dem Gefühl, daß ein so neuer Stoff nicht in die Form eines Lehrbuches passen würde, wenn auch damals schon die zahlreichen Jünger von BARKHAUSEN seine Bücher als Lernende in die Hand nahmen. Heute ist die Entwicklung in mancher Hinsicht abgeschlossen; die Leser sind aber auch williger geworden, da sie mit manchen Begriffen schon vertraut sind, die früher nur mit Mühe eingingen. So mag heute die Benennung „Lehrbuch“ berechtigt sein, wenn auch die Ausführungen BARKHAUSENS noch in sehr enger Verbindung zur reinen Forschung stehen. Ein Lehrbuch, das jetzt bei noch nicht vollendetem vierten Bande schon 650 Seiten umfaßt, ist immerhin sehr umfangreich und überwältigt den, der sich zum ersten Male mit diesen schwierigen Dingen beschäftigen soll. Besonders der zweite Band ergab diesen Eindruck; der vorliegende dritte Band erscheint mir leichter faßlich geschrieben zu sein, er ist auch der wichtigere, weil er die physikalisch gewissermaßen wertvollste Fähigkeit der Röhre behandelt: ihre Eigenschaft, Schwingungen zu erzeugen und zu unterhalten. — Zunächst sind in diesem Bande die schon bekannteren Probleme behandelt, die Selbsterregungsformel, die verschiedenen Schaltungen zur Schwingungserzeugung, die Grenzen der Amplituden und der Frequenz, wobei erwähnt werden mag, daß mit entsprechenden Röhren in den normalen Rückkopplungsschaltungen bis herab zu 30 cm Schwingungen hergestellt werden konnten, allerdings nur mit ganz geringer Leistung. Ein besonderes Kapitel ist der Röhrenregnung mittels

eines piezoelektrischen Kristalls gewidmet. Es werden hier die Gesetze erläutert, nach denen der am Gitter der Röhre liegende Kristall den Anodenkreis steuert, ein Vorgang, der stets nur in der Eigenschwingung des Kristalls vor sich gehen kann. Daher erklärt sich die große Konstanz der Schwingungsfrequenz auch dann, wenn der Anodenkreis der Röhre verstimmt sein sollte. Es sind heute bekanntlich nach diesem Prinzip in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt Uhren hergestellt worden, die eine Genauigkeit auf $\frac{1}{1000}$ Sekunde/Tag ergeben. — Die Frequenz (Wellenlänge λ) des schwingenden Kristalls bestimmt sich nach seiner Dicke d , für Quarz gilt $\lambda = 1,06 \cdot 10^5 \cdot d$; die Frequenzen, die sich mit solchen Anordnungen herstellen lassen, entsprechen Wellenlängen zwischen den Grenzen 2 Meter bis zu mehreren 1000 Metern. — Es folgen Kapitel über das Dynatron, über Kipperschwingungen und dann weiter ein Abschnitt über Elektronentanzschwingungen; das Buch ist also bis in die Forschungen und Ergebnisse der neuesten Zeit fortgeführt. Die kürzeste Welle, die mittels Elektronentanzschwingungen hergestellt ist, deren Entdeckung wir bekanntlich BARKHAUSEN (und KURZ) verdanken, beträgt 3,16 cm. — Der zweite Teil des Buches enthält die Theorie der Entdämpfung mittels der Rückkopplungsverfahren; die Rückkopplung ist nicht so weit getrieben, daß die Röhre bis zum Schwingungseinsatz erregt ist. Auf diese Weise läßt sich ein Teil der zum Steuern des Anodenkreises erforderlichen Fremdleistung durch die Röhre selbst aufbringen. Der Verstärkungsgrad wächst also durch „positive“ Rückkopplung, wodurch allerdings der Verstärker in der Treue der Wiedergabe unzuverlässiger wird, während eine negative Rückkopplung ihn zuverlässiger macht, seinen Verstärkungsgrad aber herabsetzt. — Die Theorie aller dieser Erscheinungen wird eingehend erörtert. — Mathematisch verlangt BARKHAUSEN von seinen Lesern kaum mehr als die sichere Handhabung der symbolischen Rechenmethode, ohne die ja auch eine Erörterung der Wechselstromprobleme, die hier zu lösen sind, durchaus unmöglich wäre; physikalisch sind aber doch starke Widerstände zu überwinden, bis der Leser sich eingearbeitet haben wird. Das liegt nicht am Autor, sondern am Stoff selbst; der Autor behandelt sein Thema mit der Meisterschaft des Ausdrucks und des Eingehens auf alle Einzelheiten, die wir seit vielen Jahren von ihm gewohnt sind.

Fr. Moeller.

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften. Herausgegeben von der Redaktion der „Naturwissenschaften“. Vierzehnter Band. Mit 125 Abbildungen, III und 273 Seiten. Berlin: Julius Springer 1935. Preis geb. RM 23,40.

Die Ergebnisse sind eine Bucherscheinung, auf die der Physiker und physikalisch Interessierte jedes Jahr mit Spannung wartet. Im Gegensatz zu anderen, rein monographischen Darstellungen, die von der Forschung zu einem gewissen Abschluß gebrachte Gebiete behandeln, stellen uns die Artikel der „Ergebnisse“ mitten in das pulsende Leben

des Forschens hinein. Fachgelehrte berichten über ihr ureigenstes Forschungsgebiet, weisen uns die Fülle experimenteller und theoretischer Arbeiten nach, in denen um eine Lösung der in Frage stehenden Probleme gerungen wird, und weisen uns Wege und Ziel, denen nachzuspüren gegenwärtige Aufgabe der Forschung auf dem behandelten Gebiete ist.

Der erste Artikel, verfaßt von Dr. R. FLEISCHMANN und Prof. Dr. W. BOTHE, Heidelberg, gibt uns einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der „Künstlichen Kernumwandlung“. Der Artikel fußt unmittelbar auf zwei Berichten, die bereits im vorjährigen Bande der „Ergebnisse“ erschienen sind. Er bringt in erster Linie das experimentelle Material, das in der Zwischenzeit neu hinzugekommen ist. Auf diese Weise liefert er dem Theoretiker eine vorzügliche Grundlage zur Formung eines neuen Bildes über die Struktur des Atomkerns, dessen Geheimnisse jene Arbeiten Schritt für Schritt enthüllen. Im zweiten Artikel geht Prof. Dr. H. GEIGER, Tübingen, ausführlich auf „die Sekundäreffekte der kosmischen Ultrastrahlung“ ein. Es gelingt ihm insbesondere, die mannigfachen Erscheinungsformen unter einem einheitlichen Gesichtspunkt darzustellen, den er gemeinsam mit E. FÜNFER entwickelt hat. Danach besteht die Gesamtstrahlung aus fünf Strahlenarten (A-, B-, C-, D-Strahlen), die nacheinander entstehen und sich gegenseitig bedingen. Im folgenden Abschnitt beschreibt Prof. Dr. A. von HIPPEL, Kopenhagen, „den elektrischen Durchschlag in Gasen und festen Isolatoren“. Er versucht darin eine einheitliche Darstellung des elektrischen Durchschlages auf atomphysikalischer Grundlage, unter Gesichtspunkten, die von ihm selbst in einer großen Reihe Arbeiten entwickelt worden sind. Seinem Abschnitt schließt sich ein Artikel von Prof. Dr. H. FALKENHAGEN, Köln, an, der sich mit der „Struktur elektrolytischer Lösungen“ befaßt. In einem einführenden Abschnitt werden die Grundlagen und Voraussetzungen der MILNER-DEBYESchen Theorie entwickelt und insbesondere die Anschauung von der zentralsymmetrischen Ionenwolke und ihren Eigenschaften klar veranschaulicht. Im Anschluß daran werden ausführlich experimentelle Ergebnisse mit den Aussagen der Theorie verglichen. Von ganz besonderem Interesse ist z. B. die experimentelle Bestätigung der von der DEBYE-FALKENHAGENSchen Theorie vorhergesagten Dispersion der Leitfähigkeit und der Dielektrizitätskonstante starker Elektrolyte. Ebenso bestätigen die Experimente die theoretischen Ergebnisse von FALKENHAGEN und seinen Mitarbeitern über die innere Reibung in starken Elektrolyten. WIEN-Effekt und Dissoziationsspannungseffekt werden ebenfalls im Zusammenhang mit der interionischen Theorie dargestellt. Ein weiterer Abschnitt geht auf die Abweichungen von jenen theoretischen „Grenzesetzen“ ein, die eintreten, sobald konzentriertere elektrolytische Lösungen vorliegen. Da eine einwandfreie Theorie konzentrierter Lösungen noch nicht existiert, wird ausführlich auf die Versuche eingegangen, eine solche zu schaffen. Ins-

besondere werden die Methoden zur Ermittlung des dissoziierten und undissoziierten Anteils besprochen. Besonders wertvoll ist der abschließende Abschnitt, der einen Rück- und Ausblick auf das gesamte behandelte Gebiet gewährt, und in welchem eine Fülle Anregungen zu weiterem Forschen uns bewußt werden läßt, wie weit das Elektrolytproblem in sämtliche Gebiete physikalisch-chemischer Forschung eindringt. Die „Ergebnisse“ werden beschlossen mit einem Artikel von Dozent Dr. E. HIEDEMANN, Köln, über „Ultraschall“. Der Bericht gibt einen Überblick über die experimentellen Methoden zur Erzeugung des Ultraschalles und zur Untersuchung seines Schallfeldes. Besonders ausführlich wird auf die optischen Methoden eingegangen, die darauf beruhen, daß Ultraschallwellen als optische Beugungsgitter wirken können. Interessant sind die optisch sichtbar gemachten Raumgitterstrukturen, die sich kreuzende Schallstrahlen in einer Flüssigkeit erzeugen können. Von besonderer Wichtigkeit ist die vom Verfasser und seinem Mitarbeiter angegebene und entwickelte Methode zur Sichtbarmachung von Ultraschallwellen, die darauf beruht, daß das von Schallwellen durchsetzte Medium als optisches Abbildungssystem benutzt wird; z. T. bisher unveröffentlichte Aufnahmen beweisen, daß mit dieser Methode auch Feinheiten der Schallausbreitung der Betrachtung zugänglich werden, die von der Theorie vorhergesagt waren. Weiter werden ausführlich die Besonderheiten der Ausbreitung, Geschwindigkeit und Absorption des Ultraschalls behandelt, und insbesondere wird auf die Dispersion in mehratomigen Gasen eingegangen. Ein Kapitel über die Wirkung des Ultraschalls gibt zugleich einen Überblick über Wege, welche von der Forschung zur Zeit besritten werden. Von großem Interesse dürfte die Aufklärung der Koagulationserscheinungen sein, die sich unter der Einwirkung von Ultraschallwellen in Aerosolen zeigen.

In gewohnter Weise haben Verlag und Schriftleitung für eine mustergültige äußere Aufmachung des Buches gesorgt. Eine Fülle Figuren und Wiederlagen von Photographien aus den Originalarbeiten beleben den Text. Zum Stamm ihrer alten Freunde werden diese „Ergebnisse“ manchen neuen werben; erfüllt doch gerade dieser Band wie kaum ein anderer zuvor seine doppelte Pflicht, über den neuesten Stand der Forschung zu berichten, und gleichzeitig zur Lösung noch offestehender Probleme anzuregen. *Teichmann.*

Luftfahrt, Luftschutz und ihre Behandlung im Unterricht; ein Handbuch für Lehrende. Unter Mitarbeit von B. BAUMANN, F. BRAUN, E. EWALD, U. GRAF, K. HAUSCHULZ, H. HELBIG, R. KAHLAU, F. KÖHLER, W. KISSE, H. MÜLLER, H. PETZOLD, W. SCHNELL, E. SELLIEN herausgegeben von KARL METZNER. XVI, 323 Seiten, 103 Abbildungen und 25 Tabellen. Leipzig: Quelle & Meyer 1936. Preis geb. RM 10.—.

13 verschiedene Verfasser bearbeiten 15 Abschnitte, und der Herausgeber fügt Vor- und Nachwort hinzu. Die Mehrzahl der Verfasser wieder-

holt eigene Veröffentlichungen oder stellt zusammen, was im einschlägigen Schrifttum vorliegt. Im großen und ganzen werden die dem Ministerialerlaß RU III 10 vom 17. November 1934 über Pflege der Luftfahrt in den Schuler beigegebenen Anlagen weiter ausgeführt. Als Leseprobe mache ich auf den ersten Absatz auf S. 277 aufmerksam, der 25 Druckzeilen umfaßt.

Ich versuche eine kurze Kennzeichnung der vier Beiträge, die mit den Arbeitsgebieten unserer Zeitschrift die meisten Berührungspunkte haben.

U. GRAF und R. KAHLAU bewegen sich in dem Abschnitt „Luftfahrt und Luftschutz im Mathematikunterricht“ auf ähnlichen Bahnen wie die ein Jahr früher erschienene „Mathematik im Dienste der nationalpolitischen Erziehung“, woran der erste der beiden Verfasser auch mitgearbeitet hat. Soweit ich die Wirkung auf Schüler einzuschätzen vermag, halte ich die in dem Luftfahrtbuch getroffene Stoffauswahl aus der Mathematik für so wenig glücklich, daß ich daraus kein Anzeichen herausfühle für den im Vorwort enthaltenen Hinweis auf die Sachverständigen, die „auf den von ihnen bearbeiteten Gebieten über eigene praktische Erfahrungen verfügen“.

H. PETZOLD umreißt in seinem Beitrag „Luftfahrt, Luftschutz im Chemieunterricht“ die Aufgabe, die er sich gestellt hat, dahin: „in organischem Zusammenhange mit dem chemischen Lehrgange all die Fragen zu behandeln, die für die Luftfahrt und den Luftschutz wichtig sind“. Als Wissenschaftler ist PETZOLD in der Lage, das Rüstzeug bereitzustellen, und als erprobter Schulmann formt er den Stoff unter Herausarbeitung der Wechselbeziehungen so, daß die der Darstellung zugrunde liegende eigene Erfahrung unverkennbar ist.

Den größten Umfang im ganzen Buche hat der von K. HAUSCHULZ bearbeitete Teil „Behandlung der Fluglehre im Physikunterricht“. Das gesteckte Ziel, „die hinsichtlich der Luftfahrt bestehenden Fragen der unterrichtlichen Behandlung in der Schule zugänglich zu machen“, konnte in den beiden dargestellten Lehrgängen, einem einführenden und einem weiterführenden, beim besten Willen nicht erreicht werden, weil dazu noch sehr viel Vorarbeit geleistet werden muß. Erfreut war ich über das wiederholte Zurückgreifen auf die Didaktik des Begründers unserer Zeitschrift; POSKES Didaktik des physikalischen Unterrichts ist eben doch nicht so völlig überholt, wie man in den letzten Jahren behauptet hat. Sachlich befriedigt HAUSCHULZ' Fluglehre im allgemeinen. Dilettantische Umdeutungen von Ergebnissen wissenschaftlicher Forschung hat er vermieden. Der Plan, die Hauptfragen der Fliegerei zu Ausgangspunkten zu wählen, ist anerkennenswert. Wenn er allmählich durch zu reichliches Beiwerk erstickt wird, so erklärt sich das vielleicht durch Streben nach Vollständigkeit.

In seiner „Flugwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft“ hat W. KISSE auf 19 Druckseiten eine Leistung vollbracht, die sich nach jeder Richtung hin sehen lassen kann. Übel nehme ich ihm, daß er den Akü-Lockungen nicht wider-

standen hat, sondern dem Leser die FAG beschert. Aus genauester Sachkenntnis heraus erhält man eine Fülle praktischer Winke. So etwas schafft nur, wer in jahrelanger mühevoller Arbeit sich gleichsam in die unterrichtlichen Fragen hineinkniet und nicht locker läßt, bis er selbst davon überzeugt ist, den Gegenstand schulreif gemacht zu haben. Man sollte den von KISSE verfaßten Abschnitt als Sonderdruck beziehen können.

Eine auch unserer Zeitschrift beigelegte Buchankündigung (Heft 2) nennt den vorliegenden Band „das Standardwerk für die Behandlung von Luftfahrt und Luftschutz im Schulunterricht“. Nach den Wörterbüchern, die ich zu Rate ziehen konnte, bedeutet standard work ein klassisches Werk, ein Werk, das auf seinem Gebiete die Führung hat oder mustergültig ist. Trifft diese Worterklärung zu, so kann ich mich dem Urteil der Verlagsanzeige leider nicht anschließen, nachdem ich — in Erfüllung der Pflicht des Berichterstatters — das Buch vollständig gelesen habe.

Mth.

LZ 129 „Hindenburg“. Von Dr. Ing. habil. W. VON LANGSDORFF. 104 Seiten, 76 Bilder. Frankfurt a. M.: H. Bechhold 1936. Preis kart. RM 2,—.

In knappen Strichen bietet dieses volkstümliche Büchlein ein abgerundetes, packendes Bild nicht allein von dem, was jetzt als fertige Leistung sichtbar vor aller Augen steht, sondern auch vom Werden eines wahrhaft gigantischen Werkes. Viele ausgezeichnete Aufnahmen aus vortrefflich gewählten Blickpunkten und interessante Zahlenangaben über Abmessungen, Ladefähigkeit, Antriebsmaschinen, Baustoffbedarf, Treibstoffverbrauch usw. unterstützen die Darstellung. Kurze, klargefaßte Texte zur Erläuterung der Abbildungen machen die wesentlichen technischen Einrichtungen des Luftschiffes auch dem Laien verständlich. Wenn dabei gelegentlich Streiflichter auf Einzelheiten der Bauausführung und Ausrüstung geworfen werden, die scheinbar abseits vom Aufgabenkreis der Ingenieure liegen, so bringen gerade solche Hinweise am stärksten zum Bewußtsein, welche Fülle Gedankenarbeit nach jeder Richtung von den Konstrukteuren des Schiffes zu leisten war, um dieses „Meisterwerk an sorgfältig ausgeklügeltem Leichtbau“ erst zu ermöglichen.

In den verschiedensten Zusammenhängen ist LZ 129 den früheren Schiffen, vor allem dem „Graf Zeppelin“, gegenübergestellt. Hierbei wird besonders deutlich, wieviel an vorangegangenen Ausführungsformen Erprobtes und Bewährtes für den Bau des „Hindenburg“ nutzbar gemacht, aber auch um wesentliche Züge bereichert werden konnte. Allgemeinere Fragen des Luftschiffverkehrs, seine wirtschaftlichen Vorbedingungen, die Sicherheit, der Wettbewerb mit anderen Verkehrsmitteln u. dgl. werden in diesem Rahmen gleichfalls berührt. Sehr aufschlußreich sind die Schilderungen über den Fahrbetrieb, den Start und die Landung am Ankermast. Damit werden auch einmal die bisher weniger bekannten Aufgaben der Bodenorganisation und die hohen Anforde-

rungen an das Bau- und Fahrpersonal umrissen, deren Erfüllung erst die Voraussetzungen für einen fahrplanmäßigen Langstrecken-Verkehrsdienst mit Luftschiffen schafft. *Lg.*

Deutsche Senioren der Physik. Bildnis-Sammlung zum 70. Geburtstag von Geheimrat Prof. Dr. KARL SCHEEL, herausgegeben von der Bild- und Filmsammlung deutscher Physiker. Physiker-Bildserie 2 mit 24 Physikerbildern. XII S. und 24 lose Tafeln. Leipzig: J. A. Barth 1936. Kl. 8°. In Mappe RM 2,—.

Der ersten Reihe Bilder von 24 verstorbenen Mitgliedern der Berliner Physikalischen Gesellschaft (vgl. diese Zeitschrift 49, 139; 1936) folgt als zweite Reihe eine Bildsammlung lebender deutscher Physiker, die im psalmistischen Hochjahrzehnt stehen oder noch älter sind. Unter der Überschrift „Aus der Entwicklung der Physik und Technik“ werden die Fortschritte der Physik und ihrer Anwendungen in den letzten Jahrzehnten vor 1900 kurz umrissen, und daran schließt sich eine Würdigung von K. SCHEELs Wirken. Jedes Bild ist mit dem Namenszuge der betreffenden Persönlichkeit und den wichtigsten Angaben über den Lebenslauf versehen. Ohne Zweifel sind diese vorzüglich wiedergegebenen Bildnisse hervorragend geeignet zur Unterstützung des historischen Verständnisses. Der wohlfeile Preis wird es jeder Schule gestatten, die Bildreihe für die physikalische Sammlung zu beschaffen. Beleben die Bilder eigene Erinnerungen des Fachlehrers an Studienzeit und Berufstätigkeit, so bestreitet er gewiß gern auch selbst die geringen Kosten. *Mth.*

Lehrbuch der physikalischen Chemie. Von Dr. K. JELLINEK, Professor an der Technischen Hochschule Danzig. V. Band, 13. Lieferung. 288 Seiten. Stuttgart: Ferdinand Enke 1935. Preis geh. RM 27,—.

Die 13. Lieferung dieses großen Lehrbuches der physikalischen Chemie, auf das in dieser Zeitschrift schon wiederholt mit Nachdruck hingewiesen worden ist, beginnt mit den Grenzflächenerscheinungen an Mischungen und behandelt zunächst solche mit kleinen Grenzflächen, die typischen kolloiden Systeme. Die weiteren Hauptabschnitte enthalten die Lehre von der chemischen Kinetik, die Darstellung der Elektrolyse und den ersten Teil der Atomphysik.

Die vorliegende Lieferung zeigt wieder die sorgfältige Arbeit des Verfassers in der gut stilisierten, klaren Darstellungsweise, der vortrefflichen Auswahl der behandelten Stoffgebiete und der meisterhaften Führung durch die einschlägige Literatur. So bildet auch dieser Abschnitt der Entwicklung des gesamten Lehrbuches eine wertvolle Bereicherung des physikalisch-chemischen Schrifttums. *H. Petzold.*

Kolloidchemisches Taschenbuch. Von Dr. A. KUHN. VIII und 369 Seiten. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1935. Preis geh. RM 19,—; geb. RM 21,—.

Die große, ständig zunehmende Bedeutung der Kolloidforschung hat die Schaffung einer knappen Darstellung der Theorien und Arbeitsmethoden dieses Gebietes geradezu gefordert. Dem Chemiker, Physiker, Biologen, Arzt, Techniker war die einschlägige Literatur oft nicht zugänglich oder zu mühsam einzusehen. Hier ist das vorliegende Buch ein wertvolles Nachschlage- und Belehrungsmittel. Die Darstellung ist übersichtlich, gut verständlich und zuverlässig. Ein eingehendes, aufs beste angeordnetes Inhaltsverzeichnis und ein sorgfältig angelegtes Stichwortregister erleichtern das Aufsuchen. Besonders hervorzuheben sind die zahlreichen, sehr gut ausgewählten Literaturhinweise, die die Weiterarbeit außerordentlich fördern. Bei der Ausdehnung der kolloidchemischen Literatur ist die Beschaffung wie das Studium der Originalschriften, besonders für den Lehrer an höheren Schulen, fast zur Unmöglichkeit geworden, zum mindesten kann er an ein solches Studium nur herangehen, wenn er sicher sein kann, die richtige Auswahl getroffen zu haben. Das Kolloidchemische Taschenbuch kann zu solcher Beratung aufs wärmste empfohlen werden. *H. Petzold.*

Die Leuchtfarben, ihre Herstellung, Eigenschaften und Verwendung. Von LUDWIG VANINO. Bd. 22 von Enkes Bibliothek für Chemie und Technik unter Berücksichtigung der Volkswirtschaft. Zweite neu bearbeitete und wesentlich vermehrte Auflage. 168 S. mit 1 Abb. Stuttgart: Ferdinand Enke 1935. Preis geb. RM 13,60.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieser Monographie sind auf dem Gebiete der Leuchtfarben wesentliche Fortschritte zu verzeichnen, sowohl in Bezug auf die Theorie der zugrunde liegenden physikalischen Vorgänge, wie der Herstellung und praktischen Verwendung der Phosphore. Diesen Fortschritten hat der Verfasser bei der Bearbeitung der vorliegenden 2. Auflage Rechnung getragen. An den geschichtlichen Teil schließt sich daher zunächst ein 53 Seiten umfassender physikalischer Teil. Hier werden LENARDS klassische Untersuchungen und Ansichten über den Mechanismus der Phosphoreszenz zugrunde gelegt, die durch die spätere Forschung bekanntlich weitgehend bestätigt worden sind; in manchen Einzelheiten waren dem Fortschritte der Atomphysik entsprechende Erweiterungen und Änderungen der LENARDSschen Theorie erforderlich. Die hier in Frage kommenden Arbeiten von STADLER, RUPP, TOMASCHKE, SCHLOEMER werden kurz besprochen.

Im chemischen Teil des Buches werden zuerst allgemeine Anweisungen gegeben über die Fremdmetallzusätze, über Glühtemperatur und Glühdauer, über Schmelzmittel und andere Zusätze. Dann folgen zahlreiche Anweisungen zur Herstellung von Leuchtfarben, mit vielen praktischen Hinweisen und Kunstgriffen. Die Leuchtfarben werden eingeteilt in anorganische und organische Fremdstoffphosphore und Reinstoffphosphore. Für wissenschaftliche Zwecke müssen die Ausgangsstoffe sehr rein sein, für gewöhnliche Laboratoriumszwecke genügen die mit „purissimum“

und „pro analysi“ bezeichneten Reagenzien. Die Erdalkali- und Zinksulfidphosphore nehmen den breitesten Raum ein.

Die Leuchtfarben haben sich mit ihrer technischen Verbesserung ein immer weiteres Anwendungsgebiet erobert. Der Verfasser beschreibt ihre Zubereitung und Verwendung bei der Herstellung selbstleuchtender Ziffernblätter und Uhrzeiger und von Leuchtzeichen aller Art, zu Leuchtschirmen für Röntgenstrahlen — das Bariumplatinzyanür wird heute durch billigere, meist Zinksulfidphosphore ersetzt —, zur Verkürzung der Belichtungszeit in der Röntgenphotographie, bei der Ultrarottelegographie, zur Herstellung von Leuchtbildern und -drucksachen und als Lichtquelle bei photographischen Reproduktionen. — Den Schluß der Monographie nimmt ein ausführliches Verzeichnis der Patente und Gebrauchsmuster auf dem Gebiete der Leuchtfarben und ihrer Verwendung ein.

Wer sich schnell über das Gebiet der Leuchtfarben unterrichten und den einen oder anderen Phosphor für Unterrichtszwecke selbst herstellen möchte, findet in dem Buch alles, was er braucht.

Dm.

Erdöl. „Das flüssige Gold“. Von E. W. BIELFELD. Technische Bilderbücher, Heft 2. 32 Bild- und 8 Textseiten. Berlin-Charlottenburg: Müller u. Kiepenheuer, G. m. b. H. 1935. Preis RM 1,50.

Die „Technischen Bilderbücher“ wollen dem der Technik Fernstehenden ein Bild dieser Technik vermitteln. Viele Zeichnungen und schematische Darstellungen sind in diesem Heft zusammengetragen, die das Erdöl auf seinem weiten Wege bis zur Brennkraftmaschine verfolgen. Wir sehen Bilder von den Fundstätten des Erdöls, der Erdölgewinnung, den verschiedenen Formen der Bohrvorgänge und der Raffinierung und Veredelung. Die Verwendungsgebiete werden bildmäßig dargestellt, ebenso die verschiedenen Wege des Kraftstoffes, bis er zum Verbraucher gelangt. Die Brennkraftmaschinen werden in ihren Arten vorgestellt, sowie Einzelheiten, die für ihren Betrieb von Bedeutung sind. Den Schluß des Heftes bilden einige wirtschaftliche Darstellungen.

Vieles aus dem Heft kann unmittelbar im Unterricht verwendet werden, zumal die Abbildungen ausschließlich Strichzeichnungen, also frei von Halbtönen sind, die sich vorzüglich für episkopische Projektion eignen.

Scharf.

Chemischer Grundatlas. Von Dr. W. WALTER MEISSNER. Ein Handbuch für den Unterricht in geschichtlicher, technischer, anorganischer und allgemeiner Chemie einschließlich der Mineralogie auf 30 (größtenteils vielfarbigen) Karten nebst 15 Tabellen und 345 Abbildungen. XVI u. 95 S. Leipzig: Univ.-Verlag Robert Noske 1935. Preis RM 4,60.

Vor einigen Jahren wurde in dieser Zeitschrift (45, 282; 1932) des Verfassers „Chemischer Handatlas“ besprochen, der Zeugnis ablegte von MEISSNERS außergewöhnlicher Begabung, Gebiete von großer Mannigfaltigkeit durch bildliche Veran-

schaulichung und kurze, jedoch erschöpfend gehaltene textliche Erläuterungen darzustellen. Blieb der Interessentenkreis dieses Werkes, indem es gründliche, in die Tiefe gehende Beschäftigung mit der Materie verlangte, auf Forscher, Lehrer und reifere Studierende beschränkt, so wendet sich das vorliegende Buch, das nur Bereitwilligkeit zur Aufnahme des in leicht faßlicher Darstellung gebotenen Stoffes voraussetzt, an eine ganz breite Leserschär: an alle für chemische Forschung und Technik Interessierte, vom Fachmann bis zum Schüler. Denn dieser Grundatlas stellt eine sehr wertvolle Ergänzung zu allen elementaren wie tiefer gehenden Lehrbüchern der Chemie dar, indem er sie durch seine beiden ersten Teile in den von von jenen meist knapp gehaltenen geschichtlichen und technologischen Ausführungen unterstützt, und zwar so geschickt, daß man ihn sogar als nützlichen Zusatz zu vielen einschlägigen Spezialwerken bezeichnen darf, und indem er ferner in seinem dritten Teil zu einer recht ergiebigen Vertiefung der anorganischen und allgemeinen Chemie führt.

Wir wissen aus unserer Schulzeit, wie wirksam z. B. der historische und der literaturgeschichtliche Unterricht durch Bildnisse bedeutender Männer, denkwürdiger Stätten, wertvoller Dokumente und ähnliches belebt wird; man denke, um nur ein Beispiel zu nennen, an G. KÖNNECKES vortrefflichen Bilderatlas. Wenn nun das vorliegende Werk eine bildliche Sammlung der bekanntesten Chemiker aller Zeiten, zahlreicher, von ihnen verwendeter Apparaturen, von Laboratoriumsräumen der Vergangenheit u. a. in gut ausgewählten und wohl gelungenen Reproduktionen darbietet, so ist der Wert einer derartigen Zusammenstellung für das Selbststudium wie auch für den Unterricht, der die Abbildungen gegebenenfalls in episkopischer Projektion verwerten kann, ohne weiteres einleuchtend. Die sorgfältig durchdachten textlichen Erläuterungen zu diesem Material geben ein anschauliches Bild von dem Werdegang der chemischen Erkenntnis.

In gleich glücklicher Form veranschaulicht der zweite Teil eine Reihe der wichtigsten chemisch-technischen Vorgänge und ihrer Anlagen an Hand von Schaubildern, die von rein schematischen, sich leicht einprägenden Darstellungen bis zu sorgsam ausgewählten photographischen Aufnahmen einfacher und komplizierter Einrichtungen und Betriebe aus alter und neuer Zeit unter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung geben. Kleingewerbe wie Fabrikbetrieb sind in gleicher Weise berücksichtigt; bei letzterem wurden die etwa vorliegenden Beziehungen zwischen Produktion und landschaftlichen Verhältnissen (Bodenschätzen u. a.) betont. Natürlich mußte der Verfasser sich auf eine Auswahl aus dem ungeheuer großen Gebiet der Technologie beschränken, die man aber fraglos als sehr geschickt bezeichnen darf, schon deshalb, weil sie Musterbeispiele für die innigen Beziehungen zwischen Forschung, Rohstoffgewinnung, Stoffveredelung und täglichem Leben zu bringen bestrebt ist, aus der Erkenntnis heraus, wie anregend und wertvoll eine derartige

Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichtes — nach der namhafte Pädagogen stets gestrebt haben (wir erinnern z. B. an die Lehrbücher von A. SATTLER, R. SEYFERT usw.) — für die lernende und die studierende Jugend ist.

Der dritte Teil des Werkes will den Benutzer möglichst tief in die Eigenart des „natürlichen Systems der Elemente“ hineinführen, indem er ihre wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften auf Tafeln durch farbige graphische Veranschaulichung sinnenfällig zur Darstellung bringt. Der Wert eines derartigen, auf der „visuellen“ Aufnahmefähigkeit aufbauenden Anschauungsunterrichtes wurde bereits in der Besprechung des „Handatlas“ erörtert. Aus der reichen Fülle des dort gebotenen Materials hat der Verf. hier das dem in den üblichen Lehrbüchern dargebotenen Stoff entsprechende graphische Grundmaterial zusammengestellt und durch textliche Ausführungen erläutert.

Der Verfasser hat nach Ansicht des Referenten der deutschen Unterweisungsliteratur ein Werk geschenkt, das für den Unterricht in Chemie, Gewerbekunde u. a. jedem Lehrer und Schüler an jeglicher Art von Lehranstalt — von der Dorfschule bis zum Hochschulinstitut — Anregung und Nutzen zu spenden vermag und jedermann bei dem erstaunlich billigen Preis, den der Verlag dankenswerterweise festgesetzt hat, zugänglich ist.

Karl Schaum (Gießen).

Auer von Welsbach. Von FRANZ SEDLACEK. 2. Heft der Blätter für Geschichte der Technik, herausgegeben vom Österreichischen Forschungsinstitut für Geschichte der Technik in Wien. 85 Seiten mit 30 Textabbildungen. Wien: Julius Springer 1935. Preis: Geh. RM 3,60.

Mit Unterstützung der Dr. CARL AUER-WELSBACH-Gedächtnisstiftung hat das österreichische Forschungsinstitut für Geschichte der Technik mit diesem Lebensbild des großen österreichischen Erfinders einen wertvollen Beitrag zur Geschichte dreier bedeutsamer Erfindungen herausgebracht. Wir verdanken CARL AUER VON WELSBACH die Erfindung des Gasglühlichtes, das einen völligen

Umsturz in der Gasbeleuchtungstechnik hervorrief, die Konstruktion der Osmiumlampe, der ersten Metallfadenlampe, die wegweisend die neue Entwicklung dieser Glühlampen anbahnte, und die Ausgestaltung der funkengebenden Cer-eisenlegierungen zu einem neuen Zündmittel, das den Wettbewerb mit dem alleinherrschenden Zündholz aufnehmen konnte.

Der Verfasser zeigt, wie CARL AUER als Schüler BUNSENS über die Spektralanalyse zu seinen zuerst rein wissenschaftlich gerichteten Studien der seltenen Erden kommt, und wie die drei genannten Erfindungen mit diesen Forschungen ebenso zusammenhängen wie die Zerlegung des Ytterbiums in Neodym und Praseodym, die AUER in den Jahren 1900—1907 durchführte und die unter die klassischen Experimentaluntersuchungen einzureihen sind. Die kurzen Einführungen des Verfassers in die Geschichte der 3 Erfindungen rücken AUERS Verdienste erst in das rechte Licht und zeigen die Schwierigkeiten, die er zu überwinden hatte. Es wird sehr anschaulich dargestellt, daß AUERS Erfindungen, namentlich die Auffindung der geeigneten Thor-Cer-Leuchtmasse und ihre Befestigung auf einem Gewebe, das ein haltbares Aschenskelett im Glühstrumpf abgab, keine Zufallserfindungen waren, sondern die Frucht mühsamer und genialer wissenschaftlicher und technischer Arbeit und zähen Erfindervillens. Gerade die Vereinigung von wissenschaftlichem Können mit technischem Instinkt und mit dem vom Vater, dem erfolgreichen Reorganisator der österreichischen Staatsdruckerei, ererbten organisatorisch-wirtschaftlichen Geschick, haben AUER von Erfolg zu Erfolg geführt. Die Berliner Auer-Gesellschaft konnte im Jahre 1893—94 eine Dividende von 130% ausschütten; und die anderen Tochtergesellschaften der österreichischen Auer-Gesellschaft schnitten nicht viel schlechter ab. So wurde AUER ein schwerreicher Mann, der ganz seiner Wissenschaft und seinen Erfindungen lebte, weder gesellschaftlichen noch freundschaftlichen Verkehr pflegte und seine Erholung in der Natur als Jäger, Angler und Gartenfreund suchte und fand.

Dm.

Vereine und Versammlungen.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichtes in Wien. Bericht über die Vereinstätigkeit im 42. Vereinsjahr (Schuljahr 1935/36).

A. Vorträge.

12. Oktober 1935. Studienrat Prof. Dr. RUDOLF BERANEK und Prof. ALFRED BENN: Herstellung von gedämpften, ungedämpften und modulierten Wellenlinien mit Hilfe eines Sandstreuapparates.

26. Oktober 1935. Dr. Ing. WILHELM OBURGER: Die Physik der Photozelle und der Glimmröhre. Vorführung des Photokippkreises.

9. November 1935. Oberstleutnant Dr. KARL KOSKE: Vormilitärische Erziehung unserer Schullugend und Naturlehreunterricht.

16. November 1935. Ing. HANNS KOCH: Beleuchtungstechnische Betrachtungen auf der Brüsseler Weltausstellung 1935. Vorführung von Natriumdampf- und Quecksilberhochdrucklampen, sowie einiger Spektrallampen.

23. November 1935. Frau Univ.-Dozentin Dr. FRANZISKA SEIDL: Die Verwendung des Quarzkristalls in Physik und Technik, 1. Teil: Verwendung in der Optik.

30. November 1935. Ing. JOSIP SLISKOVIC: Neues vom Bau der Rundfunkgeräte. a) Röhren mit Schnellheizkathode. b) Neue Oktodenröhren. c) A-B-C-1-Röhren in verschiedenen Kombinationen. d) Ganzmetall-Gleichrichter und Metallröhren. e) Verzögerte und verstärkte Automatik.

f) Automatische Krachtötung. g) Bandbreitenregler. h) Automatische Baßkompensation. i) Automatische Expanderschaltung.

7. Dezember 1935. Frau Univ.-Dozentin Dr. FRANZISKA SEIDL: Die Verwendung des Quarzkristalls in Physik und Technik, 2. Teil: Verwendung in der Elektrotechnik.

11. Dezember 1935. Dr. W. SCHNABL: Meteorologische Erfahrungen des Segelfluges.

14. Dezember 1935. Vorführung des Siemens-Elektrobaukastens in seiner vielfachen Verwendung, sowie des Schmal-Tonfilm-Apparates der Fa. Siemens & Halske.

15. Jänner 1936. Dr. H. WINTER: Über Gewitterbildung und Gewitterlagen.

18. Jänner 1936. Prof. Dr. techn. Ing. WLADIMIR MAXYMOWICZ: Schulversuche mit einigen anorganischen explosiven Systemen als experimentelle Einführung zum Verständnis des Verhaltens explosiver Systeme im allgemeinen.

1. Feber 1936. Prof. Dr. KARL ROSSRUCKER: Vorführung des Polar-Glimm-Oszilloskopes von Pressler. Doppelbrechung im Kalkspat. Zylinder auf der Fallrinne. Einfacher Schauversuch zur Wirkungsweise des Drehspuleninstrumentes. Stiegenhausschaltung.

12. Feber 1936. Dr. HANS TOLLNER: Gletscherschwankungen und ihre klimatischen Bedingungen.

13. Feber 1936. Vorführung des für die Schulen bestimmten militärischen Fernsprengerätes und Unterweisung in der Handhabung dieses Gerätes.

22. Feber 1936. Prof. Dr. PAUL ERNST: Die technische und wissenschaftliche Bedeutung der Adsorptionsanalyse und ihre Vorführung in der Schule.

29. Feber 1936. Prof. Dr. JOSEF KLING: Die österreichischen Geschütze.

7. März 1936. Prof. Dr. HEINRICH PREHSECKER: Chemische und physikalische Schulversuche über die Gasmasken.

9. März 1936. Univ.-Prof. Dr. HERMANN MARK: Weitere Untersuchungen über den Gehalt schweren Wassers im Gletschereis.

11. März 1936. Dr. R. KANITSCHKEIDER: Föhn und Föhngebiete.

14. März 1936. Prof. FRANZ STENZL, Zwittau-Mähren: Ausgewählte Versuche aus der strömenden Elektrizität.

19. März 1936. Vorführung naturwissenschaftlicher Lehr- und Kulturfilme.

21. März 1936. Dr. techn. Ing. WILHELM OEBURGER: Die Lichtschranke und andere neuzeitliche Anwendungen der Photozelle.

26. März 1936. Univ.-Dozent Prof. Dr. HANS BAUER: Vorführung einer einfachen WILSON-Nebelkammer.

28. März 1936. Prof. Dr. JOSEF KLIMA, Mödling: Die chemische Formelsprache, ihre Geschichte und Methodik.

4. April 1936. Elektromechaniker FERDINAND OHME: Neue tragbare Experimentier-Schalttafeln und deren Verwendung.

18. April 1936. KRAUS-Feier zur Erinnerung an die beiden gründenden Mitglieder Reg.-Rat KONRAD KRAUS und Dr. I. KRAUS. Vorführung

von Schul- und Schülerversuchen mit möglichst einfachen Mitteln: Schulrat J. DEISINGER: Strahlungsversuche mit Grätzinnetzen. H.-Dir. LEOPOLD DOBROWOLNY: Bogenlampenversuche. Prof. Dr. PAUL ERNST: Entmagnetisieren einer magnetisch gewordenen Uhr. Schulrat HANS KELLERMANN: Resonanzversuche mit Blattfedern. Hauptschullehrer PAUL KOLLER: Schulversuche zur Erklärung der automatischen Fernsprechschtaltung. Hauptschullehrer Dr. KARL ZAG: Schulversuche zur Erklärung des Geschwindigkeitsmessers.

23. April 1936. Prof. Dr. JOSEF KLING: Munition und Richtmittel der österreichischen Geschütze. Ein einfaches Vermessungsgerät für Schulzwecke.

2. Mai 1936. Prof. Dr. KARL IPPISCH: Vorführung selbstgebaute Geräte (Spannungswaage, Ringkanal, Oszillograph, Tongenerator, rotierender Kontakt).

9. Mai 1936. Ing. WILHELM PELIKANT: Der Metallgleichrichter in der Praxis und in der Schule.

15. Mai 1936. Prof. KAMPÉ DE FÉRIET-LILLE: Atmosphärische Strömungen. Wolkenstudien nach Kinaufnahmen im Hochgebirge (Jungfrau und Matterhorn).

16. Mai 1936. Prof. Dr. KARL ROSSRUCKER: Über die behelfsmäßige Verwendung der Bussole als Uhr und umgekehrt.

13. Mai 1936. Univ.-Dozent Dr. FRANZ RAAZ: Die Erschließung des feinbaulichen Wesens der festen Materie auf Grund der Kristallstrukturtheorie.

10. Juni 1936. Univ.-Prof. Dr. W. SCHMIDT: Wassertemperaturen österreichischer Seen.

16. Juni 1936. Studienrat Prof. Dr. HANS SLANAR: Österreichische Forscher durchqueren Afrika von Kapstadt bis Kairo.

B. Besichtigungen.

5. Oktober 1935: Hochbehälter und Hebewerk Krapfenwaldgasse der Wiener Hochquellenleitung.

6. Dezember 1935: Werkstätten für Maschinen- und Apparatenbau Karl Stadler in Wien, XV.

11. Dezember 1935: Simmeringer Maschinen- und Waggonbaufabrik in Wien, XI.

3. März 1936: Vereinigte Photofabriken Lainer & Hrdlicka in Wien, XVI.

17. März 1936: Osram — Österreichische Glühlampenfabrik in Atzgersdorf.

30. März 1936: Glockengießerei Josef Pfundner in Wien, X.

8. April 1936: Fabrik elektrischer Kabel der Felten & Guillaume A. G. in Wien, X.

28. April 1936: Österreichische Schmidt-Stahlwerke A. G. in Wien, X.

30. April 1936: Wiener Kunstkeramik- und Porzellanmanufaktur A. G. Keramos in Wien, X.

7. Juni 1936: Bundesanstalt für Tierseuchenbekämpfung und Impfstoffgewinnung in Mödling, Nd.-Österr.

Vereinsleitung.

Obmann: O. ö. Univ.-Prof. und Vorstand des chem. analytischen Laboratoriums Dr. ADOLF FRANKE.

Obmann-Stellvertreter: Hofrat Dr. KARL BRUNO und Studienrat FRIEDRICH BRANDSTÄTTER.
Geschäftsführer: Regierungsrat KARL MÜLLNER, Wien, IV, Schelleingasse 39/10.

Vereinszeitschrift: Physik und Chemie; Hauptschriftleiter: Landesschulinspektor Studienrat Dr. RUDOLF BERANEK, Wien I, Dr. Ignaz-Seipel-Ring 1.

Aus Werkstätten.

Das neue schwere „Pi“-Grundstativ DRGMa der Firma Leppin & Masche in Berlin.

Das Bedürfnis nach schweren Stativen, die wirklich zuverlässig sind, hat uns zunächst dazu geführt, das allbekannte GAUSS-Stativ mit Schneckenantrieb einer Umwandlung zu unterziehen. Statt der üblichen Holzplatten, welche die Versteifung des Gestelles zu bilden pflegen, verwenden wir Eisenschalen. Trockneten die Holzplatten infolge der Einwirkung der Heizung oder

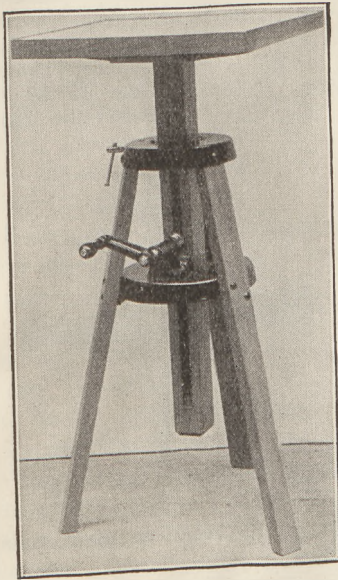


Fig. 1. Dreibeinstativ mit Eisenschalen.

infolge klimatischer Einflüsse zusammen, so trat die Gefahr ein, daß der ursprüngliche Abstand zwischen Schnecke und Zahnstange im Stempel vergrößert wurde und die Tischplatte dann abgleiten konnte. Bei der Verwendung von Eisenschalen ist diese Sorge behoben.

Stative gleicher Bauart für magnetische Arbeiten erhielten Metallteile aus Messing bzw. Bronze.

Die Füße aus Eichenholz sind bei diesen Stativen durch Bolzen mit Muttern an den Metallschalen befestigt, so daß jederzeit nachgezogen werden kann (Fig. 1). Zwischen dem quadratischen Holzstempel und den Durchbrüchen in der oberen Metallschale liegen vier federnde Messingwinkel. Eine besondere Feststellvorrichtung mit beweglichem Knebel erlaubt eine besonders große Belastung der Eichenholzplatte (50 × 50 cm) des Stativs.

Die Höhenverstellung von etwa 90 cm bis auf 140 cm ist unverändert geblieben.

Aus diesem schweren Dreibeinstativ (Arch. Nr. 6836) ist jetzt ein Grundstativ (Arch. Nr. 6963) besonderer Art entwickelt worden, das den Vorzug besitzt, daß seine Verwendung unter Heranziehen von Teilen des Präzisionsaufbaugerätes nach VOLKMANN ungewöhnlich vielseitig

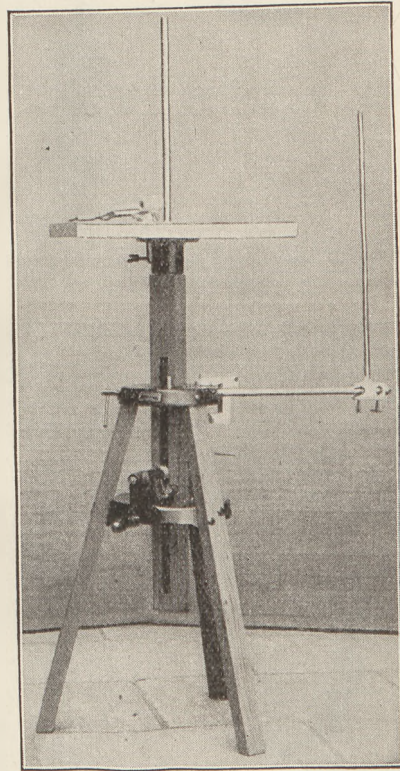


Fig. 2. Grundstativ.

ist. Die Tischplatte aus Eiche, normal 50 × 50 cm (sie kann aber bei der Schwere des Grundstativs auch in anderen, viel größeren Abmessungen hergestellt werden), ist mit einer eisernen Fassung ausgestattet, so daß sie auf einen kräftigen Eisenzapfen am oberen Ende des Eichenholzstempels aufgesetzt und mittels Flügelmutter festgestellt werden kann. Hiermit ist die Tischplatte drehbar geworden, und man kann Aufbauten, Modelle usw. um die Stativachse drehen (Fig. 2).

Hat man die Platte abgenommen, so bietet sich die Möglichkeit, in den Eisenzapfen des Stempels Stiele von 20 mm Stärke mit $\frac{1}{2}$ '' Gew. oder auch nach Einschrauben eines Bolzens solche von 13 mm Stärke mit $\frac{3}{8}$ '' Gew. einzuschrauben. Man kann jedoch auch die Platte auf dem Stativ

belassen und einen Stiel durch eine Bohrung in der Mitte der Platte einschrauben, so daß die Drehung um eine feststehende Mittelachse erfolgt, an der allerlei Vorrichtungen angebracht werden können.

In die obere Metallschale lassen sich weitere 2 Stiele einschrauben, ebenfalls mit $\frac{1}{2}$ " Gewinde.

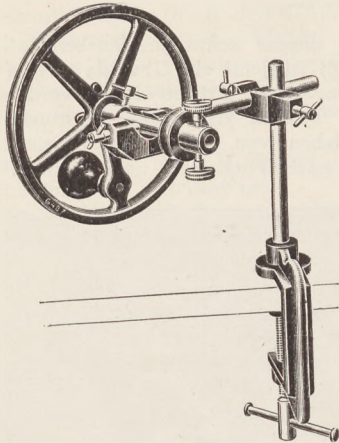


Fig. 3. Anwendung der Tischzwinge und Kugellagerachse.

Auch nach unten gestattet die Metallscheibe, Stiele einzuschrauben, aber nur kurze.

Ferner ist die obere Schale mit einer Klemmvorrichtung versehen, um einen Sonderstiel — 75 cm lang, 20 mm $\varnothing$ — mit eingefräster Nute und $\frac{1}{2}$ " Gew. an einem Ende (Arch. Nr. 6964) horizontal einklemmen zu können. Auf diesen Stiel läßt sich eine neue



Fig. 4. Winkelmuffe.



Fig. 5. Stabmuffe.

große Rohrmuffe (Arch. Nr. 3783b) aufschieben, die einen Ansatz mit $\frac{3}{8}$ " Innengewinde besitzt, um wiederum senkrechte Stiele aufnehmen zu können, deren Abstände von der Mitte veränderlich sind.

Endlich ist eine gehobelte Erhebung auf der oberen Schale vorhanden, um unsere Tischzwingen

mit Klemmansatz (Arch. Nr. 6584) anbringen und weitere Verbindungs- bzw. Aufbaumöglichkeiten schaffen zu können, wie etwa in Fig. 3 unter Anwendung einer Tischzwinge, die nur ein $\frac{3}{8}$ " Innengewinde aufweist (Arch. Nr. 6397).

Will man z. B. auf dem Grundstativ die Möglichkeit einer Drehbewegung schaffen, so eignet sich hierzu unsere Kugellagerachse Arch. Nr. 3951



Fig. 6.
Kleine Schnurscheibe.

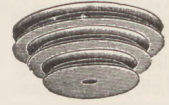


Fig. 7.
Große Schnurscheibe.

(vgl. Fig. 3), die auf einem eingesetzten Stiel — 13 mm $\varnothing$ — von vielleicht 20 cm Länge unter Zuhilfenahme der Winkelmuffe (Arch. Nr. 4808) Fig. 4 und einer Stabmuffe (Arch. Nr. 3786) Fig. 5 zentrisch befestigt werden kann. Diese Anordnung erlaubt, für Motorantrieb eine der Schnurscheiben Arch. 3952 mit Stufen von 15 · 30 · 45 mm $\varnothing$ (Fig. 6) oder Arch. Nr. 3955 mit Stufen von

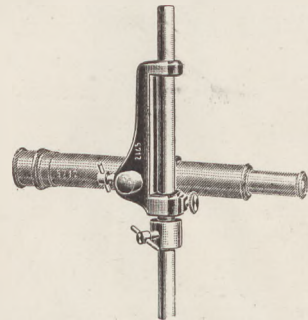


Fig. 8. Drehmuffe mit Stellring.

60 · 80 · 100 mm $\varnothing$ (Fig. 7) auf die Kugellagerachse aufzusetzen.

Um ein Fernrohr verstellbar und drehbar ansetzen zu können, bedient man sich der einfachen Drehmuffe auf Stellring (Arch. Nr. 5712) Fig. 8.

Die erstaunliche Vielseitigkeit der Verwendung eines solchen schweren Grundstativs kann hier nur angedeutet werden; in vielen Fällen fehlt es überhaupt an schweren Stativen.

Die Herstellerfirma Leppin & Masche in Berlin SO 16, Engelufer 27, steht zur weiteren Auskunft, auch über Aufbaugeräte und Preise, gern zur Verfügung.