

# ZEITSCHRIFT FÜR DEN PHYSIKALISCHEN UND CHEMISCHEN UNTERRICHT

52. JAHRGANG

1939

HEFT 1

## Ein Vorlesungsversuch über die Dichtemaxima des leichten und schweren Wassers.

Von K. Clusius und A. Frank in München.

1. Es sind eine Reihe von Versuchen angegeben worden, um die Unterschiede im Verhalten des leichten und schweren Wassers einem größeren Hörerkreise vorzuführen. So hat z. B. P. HARTECK den kleineren Dampfdruck und den um  $3,8^\circ$  höheren Schmelzpunkt des schweren Wassers in einer einfachen Anordnung gezeigt<sup>1</sup>.

Wir haben schon vor einiger Zeit den im folgenden beschriebenen Versuch ausgeführt, bei dem eine für das Wasser charakteristische Eigentümlichkeit, nämlich sein Dichtemaximum, zur Kennzeichnung der beiden Wasserarten herangezogen wird. Der große Temperaturunterschied in der Lage des Maximums erleichtert die qualitative Vorführung des Effektes außerordentlich; denn es liegt für  $H_2O$  bei  $4^\circ C$ , für  $D_2O$  aber bei  $11,6^\circ C$ , wie aus Fig. 1 zu entnehmen ist, die den Dichteverlauf als Funktion der Temperatur wiedergibt.

2. Zwei zylindrische Glasgefäße von 15 mm Weite und 70 mm Länge ( $\sim 20 \text{ cm}^3$  Inhalt) dienen als Pyknometer (Fig. 2a). Sie laufen oben in Kapillaren von 0,6 mm lichter Weite und 200 mm Länge aus. Das Gefäß A ist mit leichtem Wasser, Gefäß B mit schwerem Wasser so weit gefüllt, daß beim Eintauchen der Gefäße in Eiswasser die Menisken der Füllungen etwa 50 mm oberhalb des weiten Rohrteiles stehen. Die Füllung gelingt am einfachsten mit der in Fig. 2b gezeigten Vorrichtung. Auf die Kapillare wird mit einem Gummistopfen ein 15 mm weites Glasrohr gesetzt, das die Füllflüssigkeit aufnimmt. Das Rohr ist oben durch einen Stopfen mit eingesetztem Glasrohr abgeschlossen. Beim mehrmaligen Evakuieren und Lufteinlassen durch diese Leitung füllt sich die Glasbirne fast vollständig. Die letzten Luftblasen werden durch Erwärmen in heißem Wasser und Nachsaugenlassen von Flüssigkeit vertrieben. Nach beendeter Füllung verschließt man die Kapillaren mit einseitig geschlossenen Gummischlauchenden.

Beide Gefäße A und B sind nebeneinander befestigt und in einen Halter eingespannt. Der Stand der Menisken in üblicher Weise mit Hilfe von Bogenlampe, Kondensor, Linse und Umkehrprisma projiziert. Es ist ausreichend, die Kapillaren auf  $\sim 100 \text{ mm}$  Länge, vom unteren Ende an gerechnet, abzubilden.

Zur Ausführung des Versuches taucht man beide Gefäße in Eiswasser und wartet, bis ihr Inhalt die Temperatur  $0^\circ C$  angenommen hat. Dabei wird das schwere Wasser

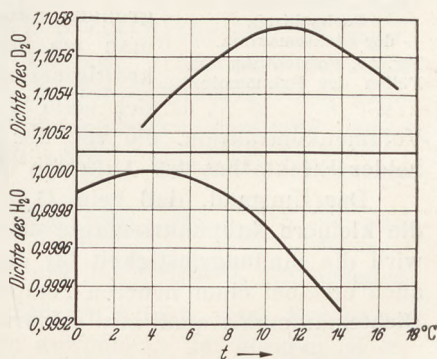
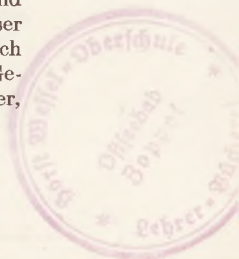


Fig. 1. Darstellung des Dichteverlaufes von leichtem und schwerem Wasser als Funktion der Temperatur.

<sup>1</sup> P. HARTECK bei O. RUTHERFORD, Proc. Roy. Soc. A 144, 9 (1934). Ferner auch E. TIEDE und H. LEMKE, Ber. 71, 589 (1938). Merkwürdigerweise zeigte bei letzteren Autoren das schwere Wasser keine Unterkühlungseffekte, was aber durchaus nicht die Regel ist. Das bei dem Gefrierversuch befürchtete Platzen des Wasserbehälters wird am besten durch Anwendung eines sogenannten Gefrierthermometers vermieden; siehe z. B. C. WOYTACEK, Lehrbuch der Glasbläserei, 2. Aufl. J. Springer, Wien 1932, S. 186.



unter seinen Gefrierpunkt abgekühlt. Diese geringe Unterkühlung von  $3,8^{\circ}$  war bei unseren Versuchen stets zu erreichen, ohne daß Gefrieren eintrat. In der Tat haben TAMMANN und BÜCHNER gefunden, daß in reinen Gefäßen sich noch viel stärkere Unterkühlungen, bis zu  $15^{\circ}$ , beobachten lassen<sup>1</sup>.

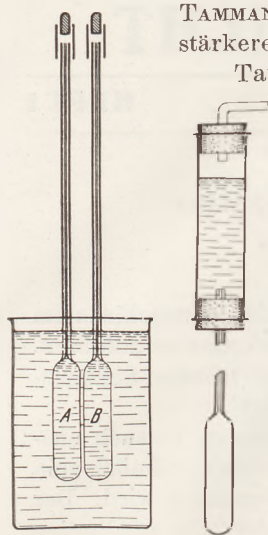


Fig. 2 a. Fig. 2 b.  
Fig. 2 a. Pycnometer zur  
Beobachtung  
der Dichtemaxima.  
Fig. 2 b. Vorrichtung zum  
Füllen der Pycnometer.

Taucht man jetzt die Gefäße in  $20^{\circ}$  warmes Wasser, so sieht man im ersten Augenblick die Menisken schlagartig absinken. Dieser „Thermometereffekt“ kommt durch die plötzliche Weitung der Gefäße zustande, da die Glasbehälter schneller als ihr Inhalt erwärmt werden. Das Absinken der Menisken wird langsamer und hört in der Kapillare mit  $H_2O$  bald auf, da das Dichtemaximum bei  $4^{\circ}C$  rasch erreicht ist. Dann fängt der  $H_2O$ -Meniskus zu steigen an, während der  $D_2O$ -Meniskus immer noch fällt. Darauf bleibt letzterer bei  $11,6^{\circ}C$  stehen, während der  $H_2O$ -Meniskus ständig steigt. Schließlich beginnt auch der  $D_2O$ -Meniskus zu steigen, womit der Versuch sein Ende findet.

3. Es sei daran erinnert, daß das Dichtemaximum des Wassers folgende Ursache hat: An sich nimmt die Dichte jeder normalen Flüssigkeit mit steigender Temperatur ab. Wasser verhält sich aber insofern anomal, als es assoziiert ist. Beim Erwärmen findet nun ein teilweiser Zerfall der assoziierten Moleküle statt. Merkwürdigerweise besitzt das Assoziat  $(H_2O)_n$  eine größere Raumbeanspruchung als  $n$  einfache  $H_2O$ -Moleküle, wie man am einfachsten daran sehen kann, daß das besonders kräftig assoziierte Eis auf Wasser schwimmt. Deshalb überlagert sich beim Wasser der normalen Volumenausdehnung noch eine Volumenkontraktion, die von der Depolymerisation herrührt. Das Zusammenwirken beider Effekte hat das Auftreten des Dichtemaximums zur Folge.

Der Umstand, daß beim  $D_2O$  das Maximum erst bei  $11,6^{\circ}C$  auftritt, kann auf die kleinere Nullpunktenergie des schweren Wassers zurückgeführt werden. Dadurch wird die Bindungsfestigkeit für das Assoziat  $(D_2O)_n$  größer als für  $(H_2O)_n$ , so daß es auch erst bei einer höheren Temperatur stärker zerfällt, womit die Verschiebung des Dichtemaximums qualitativ erklärt ist.

München, Physikalisch-Chemisches Institut der Universität.

## Messungen an der Sonne. IV<sup>2</sup>.

Von S. Janß in Wandsbek.

### B. Messungen an Sonnenphotographien.

Das Mikrometer kann man zur Vermessung von Photographien des Sonnenbildes in der Bildebene des Objektivs benutzen; die Aufnahmen werden ähnlich erhalten wie die des Mondes in C\*. Photographiert wird häufig auch das durch das Okular vergrößerte Bild der Sonne. Dann sind aber nicht alle unten folgenden Messungen in der Genauigkeit wie an den nicht vergrößerten Aufnahmen möglich; denn nach den unter A. angegebenen Gründen ist das Bild merklich verzerrt, namentlich bei Doppelaufnahmen. Nach A\*, S. 149, ist dagegen das direkte Bild durch das Objektiv weder nach Theorie noch nach Untersuchung verzerrt. Auch sind solche Aufnahmen einfacher und billiger zu erhalten. An Hilfsmitteln erfordern sie Kamera, Sucher (mit Ergänzung durch stark geschwärzte Photoplatte als Blendglas vor dem Okular

<sup>1</sup> G. TAMMANN u. A. BÜCHNER, Z. anorg. Chem. **222**, 371 (1935).

<sup>2</sup> Teile I bis III siehe diese Zeitschr. **51**, 97; 149; 188 (1938).

oder einen kleinen am Hauptrohr befestigten Projektionsschirm), Meßtisch und Auszugmikrometer, wie früher in A\* beschrieben (dort Fig. 1, 2 und 3). Die Kassette  $k$  der Kamera muß gegen zwischen  $k$  und dem Brett zwischen Raum  $a$  und  $b$  eindringendes Sonnenlicht geschützt werden, etwa durch ein über  $K$  gelegtes schwarzes Tuch, in dessen Schutz man den Schieber herauszieht, oder durch einen in das genannte Brett oben so weit eingelassenen Filzstreifen, daß er nur noch etwa 0,5 mm übersteht. Selbstverständlich muß die photographische Wirkung stark herabgesetzt werden. Man nimmt photomechanische oder Diapositivplatten des Handels hinter dem Rotfilter Agfa Nr. 42 (alles Licht kürzer als 6000 ÅE wird absorbiert), befestigt wie Agfa Filter Nr. 5 in C\*, dort Fig. 1. Man arbeitet dann mit der außerordentlich geringen Empfindlichkeit dieser Platten für rotes Licht. — Zur Belichtung dient wie in C\*, S. 208, Kappe und Verschuß nach A\*, S. 147, Fig. 6. Der vor das Objektiv gehaltene, etwa 35·60 cm<sup>2</sup> große Pappschirm hat eine rechteckige Öffnung von etwa 8·15 cm<sup>2</sup>. Wenn der untere Teil des Schirmes das Objektiv verdeckt, wird der Verschuß aus der Kappe herausgenommen, dann die Öffnung im Pappschirm so schnell wie möglich an dem Objektiv vorbeigezogen und darauf der Kappenverschuß im Schatten des oberen Schirmteils wieder eingeschoben. Nach dem Objektiv hin ist der Schirm mit schwarzem Papier beklebt. Zur Regelung der Belichtung bei verschiedener Durchlässigkeit der Luft (z. B. im Sommer und Winter) hat der Schirm Falze aus Pappe oder dünnem Sperrholz (Flugzeugmodellbau), in denen von beiden Enden her kleine Schieber bewegt werden können. — Ferner kann man ohne Herabsetzung der Güte der Aufnahmen in die Fassung der Objektivkappe (in A\*, Fig. 6) Blenden bringen zur Herabsetzung der Öffnung auf etwa 1:35, beim benutzten Rohr also unter 19 mm. Das hat folgenden Grund: Das auf die Öffnung  $O$  mm abgeblendete Objektiv löst 120'' :  $O$  auf, die Platte aber sicher noch nicht 0,02 mm; das ist bei der Brennweite  $f$  mm in Bogensekunden  $\frac{0,02 \cdot 206265}{f} = \frac{4125''}{f}$ . Man kann also so weit abblenden, daß der erste Betrag dem zweiten gleich wird, also  $\frac{120}{O} = \frac{4125}{f}$  oder  $\frac{O}{f} = \frac{120}{4125} = \frac{1}{34}$ . Der photographische „Nutzeffekt“ ist also noch nicht  $\frac{1}{3}$  des visuellen. (GRAMATZKI findet für kleinere Instrumente einen größeren Effekt; seine Ergebnisse sind aber an Photographien mit Vergrößerungssystem gewonnen.) Im übrigen ist die Belichtungszeit nicht gar zu ängstlich; selbst unter kräftiger Hofbildung überbelichtete Platten ergeben kaum einen größeren Durchmesser als zu schwach belichtete; auch die Erkennbarkeit der Flecken (sicher auch des Merkur) leidet wenig. Nur ist wegen geringerer Transparenz die Schätzung am Rande erschwert, bei Flecken schließlich unmöglich. — Die photographische Wirkung kann man ferner durch Baden der Platten in Desensibilisatoren, z. B. Pinakryptolgrün, herabsetzen. In vorgeschriebener Lösung 3 Min. gebadet, abgespült und dann getrocknet, erhält man brauchbare Schwärzungen selbst mit Gelbfilter Nr. 5 bei nicht zu schnell bewegtem Schirm und voller Öffnung. Die Aufnahmen sind offenbar schärfer und kontrastreicher, weil man mehr im ebenen Teil des sekundären Spektrums arbeitet, wegen der größeren Helligkeitsunterschiede im gelben gegenüber dem roten Licht und auch wohl wegen der kontraststeigernden Wirkung des Bades. Ungemein nachteilig ist aber, daß die Platten viele, namentlich kommaförmige Fehler ergeben, wohl hervorgerufen durch die Ausscheidung von Farbstoffen beim Trocknen und deren erneute Auflösung beim Entwickeln; zur Bestimmung von Merkur- und Fleckenörtern, zur Vermessung von Hörnern bei Finsternissen sind die Badeplatten darum kaum geeignet.

Die Fokussierung macht man möglichst bei voller Öffnung, weil dann die Empfindlichkeit gegen Abweichungen am größten ist; zur Herabsetzung der Schwärzung ist dann nicht zu hoher Sonnenstand erwünscht. Man macht Aufnahmen mit Änderung der Auszugstellung gegenüber dem Mikrometer  $M$  in A\*, Fig. 1, um 0,2 mm zu beiden

Seiten der für den Mond ermittelten (in C\*, S. 208); sie ist nämlich anders, weil das Filter eine andere Dicke hat, und weil andere Wellenlängen wirken. Die günstigste Stellung findet man leicht durch Betrachtung der Aufnahmen auf dem Meßtisch in A\*, Fig. 3; bei zwei als gleich beurteilten Aufnahmen liegt die vorteilhaftere Stellung bei der Zwischenstellung; doch ist so genaue Einstellung kaum möglich; auch die Luftunruhe kann arg ungünstige Einstellung vortäuschen.

Temperaturänderungen haben folgenden Einfluß: Die günstigste Bildebene in Bezug auf die Einstellung des Auszuges ändert sich durch Änderung der Rohrlänge gemäß dem Koeffizienten von etwa 0,000015 und durch Änderung der Brennweite gemäß etwa 0,000030. Die Verschiebung gegenüber dem Rohr ist dann, wenn man Temperaturschwankungen bis  $30^{\circ}$  annimmt,  $f \cdot 30 \cdot (0,000030 - 0,000015) = f \cdot 0,00045$ . Beim Öffnungsverhältnis 1:30 wird dadurch die Bildschärfe ungünstiger nach  $f \cdot 0,000015$ , beim Zweizöller kaum wirksam, wohl aber beim Vierzöller, wenn die angenommenen Werte für ihn zutreffen. (Die Abhängigkeit der Stellung des Auszuges von der Temperatur kann man übrigens leicht visuell mit starkem Okular untersuchen durch Einstellung von Mond oder Sternen bei verschiedenen Temperaturen; beim Zweizöller habe ich keinen Einfluß gefunden.) Alle Schwierigkeiten werden vermieden, wenn man, wie in C\*, S. 108 angegeben, 8 Aufnahmen auf dieselbe Platte bringt und mit der Einstellung nach je zweien den Auszug um 0,2 mm verschiebt. Dann kann man auch hinreichend mit der Belichtung wechseln. — Temperaturänderungen haben noch folgenden Einfluß: Durch Abkühlung wird das Rohr z. B. kürzer; in demselben Maße wird das Bild auf der Platte kleiner. Bei der Messung (Zimmertemperatur) dehnt sich die Platte aber wieder aus, und damit wird das Bild wieder größer. Es wirkt also nur die Differenz der Koeffizienten von Glas und Rohr, und das bleibt für alle Rohre unwirksam.

Die angenommene Meßgenauigkeit 0,01 mm dürfte nicht immer erreicht werden; denn bei Schätzungen am Rande stört, daß die beiden Skalenintervalle ungleich hell sind; bei stärkeren Schwärzungen ist ein Skalenintervall überhaupt nicht sichtbar; darum soll man nicht zu stark belichten. Kleinere Flecken verschwinden in den zahlreichen Mikrometerstrichen, größere sind unscharf. Die Aufnahmen zeigen Flecken, wenn sie größer als 0,02 mm sind; der Hof wird nur bei besonders großen deutlich. Selbst ausgedehnte Fackelgebiete sind nicht zu erkennen; ihre größere Helligkeit liegt wohl zu sehr im kurzwelligen Gebiet. Vielleicht aus gleichem Grund ist auch der Intensitätsabfall nach dem Rande kaum merklich. Bei Sonnenfinsternissen sind Mondberge nicht zu erkennen, weil deren Höhe unter der Auflösung der Platte liegt (beim langen Rohr vielleicht möglich). Aber zu Messungen sind die Aufnahmen sehr gut brauchbar.

1. Aus der Messung der Durchmesser folgt, daß die Sonne keine dem benutzten Instrument zugängliche Abplattung hat. Die Aufnahmen macht man vorteilhaft in Höhen, in denen die differentielle Refraktion nicht wesentlich mehr als  $1''$  [0,5''] beträgt, also in Höhen über  $40^{\circ}$  [56°]. Zur Kulminationszeit ist das in Hamburg der Fall von Ende April bis Mitte August [Mitte Mai bis Ende Juli]. In anderen Höhen erhält man nach Korrektur für Refraktion selbstverständlich dasselbe Ergebnis. (Auf die Übereinstimmung mit der Rechnung nach HANS LORENZ, diese Zeitschr. 40, 153 [1927], Formel 30a, sei aufmerksam gemacht.)

2. Wie in Projektion, kann man auch hier die Exzentrizität, die Lage des Perihels und den Flächensatz erhalten. Angenehm ist, daß man wegen der Refraktion nicht zu korrigieren braucht, wenn man den waagerechten Durchmesser mißt.

3. Die differentielle Refraktion kann man wesentlich zuverlässiger ermitteln als in Projektion, da die oben genannten Schwierigkeiten fortfallen. Die Zenitdistanz muß man wie oben messen oder berechnen. Die richtige Orientierung des Mikrometers zu den Aufnahmen erhält man folgendermaßen: (Ich messe stets nur im zentralen Feld ohne merkliche Fehler!) Bei den Aufnahmen muß man eine Kante der Kamera

nach Augenmaß waagrecht legen. Das Mikrometer legt man so auf die Platte, daß eine Strichrichtung der bei der Aufnahme waagerechten Kante parallel ist (lineares Mikrometer genügt auch). Große Genauigkeit ist nicht erforderlich. Nach einer Rechnung wie unter A 1 folgt mit  $z = 85^\circ$  und  $\Delta R = 0,25 \text{ mm}$  [0,6], daß die Abweichung  $\varphi$  gefunden wird aus  $0,005 = 0,25 \cdot \sin^2 \varphi$ ,  $\varphi = 8^\circ$  [5°]. Das ist natürlich die Summe der Fehler der „waagerechten“ Kamera und des nicht gut orientierten Mikrometers. Kann man bei großem  $z$  und darum kleinem  $\varphi$  diese Bedingung nach Augenmaß nicht einhalten, so ist folgender Weg möglich: Man legt bei feststehendem Rohr mehrere Aufnahmen nebeneinander mit einem Zeitunterschied, der etwas größer ist als die Zeit der Sonnenbewegung um ihren Durchmesser, berechnet den parallaktischen Winkel  $q$  (zwischen dem System des Horizonts und dem des Äquators), mißt den Abstand der Aufnahmen ( $\Delta x$ ) und berechnet  $\Delta h = \Delta x \cdot \sin q$ . Das Netzmikrometer orientiert man nun so, daß die Striche, die Tangenten an die Aufnahmen werden, den Abstand  $\Delta h$  haben, wobei nach der obigen Rechnung der Fehler mindestens 0,5 mm sein kann. Dann mißt man den waagerechten und senkrechten Durchmesser, und zur Vergleichung mit Tabellen verwandelt man die Längendifferenz in Bogensekunden. 10 Aufnahmen in Zenitdistanzen zwischen  $64^\circ$  und  $86^\circ$  ergaben in zwei Fällen Abweichungen gegenüber der Tabelle von  $3''$  (0,01 mm), in vier Fällen  $2''$  und in drei Fällen  $1''$ . — Wo die Umgebung günstig ist, kann man vielleicht die von WIRTZ (HENESLINGS astronomisches Handbuch, 2. Aufl., S. 264f.) empfohlene Untersuchung der differentiellen Refraktion in der Nähe des Horizonts durchführen. In Höhen unter  $3^\circ$  wird man aber im allgemeinen wohl Gelbfilter nehmen müssen, um noch in etwa 0,2 sec hinreichend belichtete Aufnahmen zu erhalten.

Aufnahmen zur Vermessung von Fleckenörtern, von Sonnenfinsternissen und Merkurdurchgängen erfordern die Festlegung des Äquatorsystems des Himmels. Dafür legt man nach F. HAYN<sup>1</sup> zwei Sonnenaufnahmen bei feststehendem Rohr nebeneinander mit dem schon angegebenen Zeitunterschied; 2,5 min sind stets ausreichend. (Die Doppelaufnahme hat auch den Vorteil, daß man Fleck und Plattenfehler unterscheiden kann, letztere findet man nur auf einer Aufnahme.) Bei Messungen wird das Mikrometer so auf die Schicht gelegt, daß eine Strichrichtung parallel ist den gemeinsamen äußeren Tangenten an die beiden Aufnahmen. Ich benutze stets folgende Lage: Nordrand der Sonne oben; dann ist rechts Ostrand usw.; vom Mikrometer liegt der Nullpunkt beider Teilungen links unten; dann entspricht deren Fortschreiten Zunahme in  $d\alpha$  (X-Richtung) und  $d\delta$  (Y-Richtung). Folgende Fehlerquellen sind vorhanden:

a) Durch Temperaturänderung und Wind kann sich das Rohr in der Zwischenzeit verlagern. Bei nicht zu wolkigem Himmel vermeidet man nach Beobachtungen mit einer empfindlichen Libelle den Temperatureinfluß, wenn man das Rohr etwa  $\frac{1}{4}$  Stunde vorher an den Aufnahmeort bringt. Schwacher und mittlerer Wind sind bei der relativ stabilen Aufstellung des kurzen Rohres nicht störend; ich vermute aber, daß längere, nicht geschützt aufgestellte Rohre wesentlich mehr durch den Wind erschüttert werden. Kurze Rohre darf man nicht auf einen Tisch oder Stuhl stellen, sondern am besten direkt auf die Erde; den Sucher befestigt man dann vorteilhaft nahe dem Objektiv.

b) Die oben angegebene Orientierung der Doppelaufnahme zum Mikrometer gelingt nie genau, sondern man erhält bei dem Abstand  $\Delta x$  der beiden Aufnahmen (Fig. 17) einen Unterschied  $\Delta y$  der tangierenden Mikrometerstriche, leicht unter 0,1 mm zu

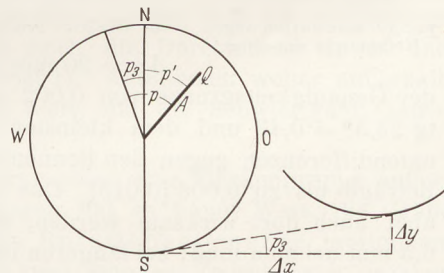


Fig. 17. Korrektur wegen falscher Orientierung des Mikrometers gegenüber photographischen Aufnahmen.

<sup>1</sup> F. HAYN: Astronomische Nachrichten 201, 182f. (1915): Gestalt, Größe und gegenseitige Lage von Sonne und Mond, abgeleitet aus Beobachtungen von Sonnenfinsternissen.

halten, wenn man Mikrometer und Aufnahme mit einer Hand gegeneinander ausrichtet und den Vorgang mit einer von der andern Hand gehaltenen Lupe von etwa 60 mm Brennweite verfolgt. Es ist korrekt  $\text{tg } p_3 = \Delta y : \Delta x$ , maximal etwa  $0,1 : 6,5 = 0,015$ ; da in dieser Gegend arc und tg sich relativ um weniger als 1 : 10000 unterscheiden, kann man setzen  $p_3 = \Delta y : \Delta x$ . Aus der Figur liest man ab  $p = p' + p_3$  ( $p$  ist der Positionswinkel der Strecke  $A$ , gezählt von Nord über Ost;  $p'$  ist der aus der Messung folgende Positionswinkel und  $p_3$  die Korrelation).  $p_3$  ist positiv, wenn  $\Delta y$  die Richtung wie in der Figur hat. (Es gilt aber nur, wenn die zuerst entstandene Aufnahme für Orientierung dient und an der zweiten Aufnahme, wie in Fig. 17, gemessen wird; das ist weiterhin immer angenommen.)

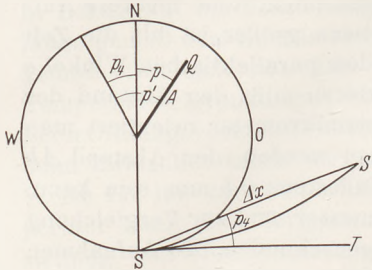


Fig. 18. Korrektur wegen Krümmung der Spur.

c) Die Spur des Sonnenmittelpunktes auf der Platte ist nicht eine Gerade, sondern ein Bogen, dessen Radius mit der Deklination sich ändert (Fig. 18). Die gemeinsamen Tangenten an die beiden Aufnahmen sind der Sehne zu diesem Bogen parallel. Man soll aber gegen die Tangente  $ST$  an den Bogen  $SS'$  vermessen. Dadurch wird der Positionswinkel falsch um  $p_4 = \Delta x \cdot \text{tg } \delta : (2 \cdot f)$ . Denn nach KONKOLY (in VALENTINER, Handwörterbuch der Astronomie, Bd. 1, S. 292: Astrophotographie) ergibt der Seitenkosinussatz gemäß Fig. 19 (Bezeichnung möglichst im Anschluß an Fig. 18;  $\xi$  in Fig. 19 entspricht der Sehne  $SS'$  in Fig. 18) für die Seite  $PS = 90^\circ - \delta$ :

$$\sin \delta = \sin \delta \cdot \cos \xi + \cos \delta \cdot \sin \xi \cdot \sin p_4 \quad \text{oder} \quad \sin p_4 = \frac{\sin \delta \cdot (1 - \cos \xi)}{\cos \delta \cdot \sin \xi} = \text{tg } \delta \cdot \text{tg } \frac{\xi}{2}.$$

Es ist aber  $\text{tg } \xi = \frac{\Delta x}{f} = a$ ; dann ist genähert  $\text{tg } \frac{\xi}{2} = \frac{\Delta x}{2 \cdot f}$  und demnach  $p_4 = \frac{\Delta x}{2 \cdot f} \cdot \text{tg } \delta$ .

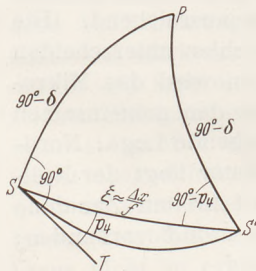


Fig. 19. Korrektur wegen Krümmung der Spur.

Links ist der Fehler, da arc  $p_4$  bestimmt unter  $0,43 \cdot 0,03 = 0,014$ , nur  $0,014^2 : 6 = 0,00003$  dieser Größe. Rechts kann der Fehler an der tg- und arctg-Reihe abgeschätzt werden. Sie sind  $\text{tg } \frac{\xi}{2} = \frac{\xi}{2} + \frac{\xi^3}{24} \dots$  und  $\text{arctg } a = a - \frac{a^3}{3} \dots$ ; in die erste Reihe eingesetzt, ergibt sich bis zu den Gliedern dritter Ordnung  $\text{tg } \frac{\xi}{2} = \frac{a}{2} - \frac{a^5}{6} + \frac{a^7}{24} \dots = \frac{a}{2} - \frac{a^3}{8} \dots$ . Der Fehler für  $p_4$  wird also in erster Näherung  $\frac{a^3}{8} \cdot \text{tg } \delta = \frac{\Delta x^3}{8 \cdot f^3} \cdot \text{tg } \delta$ . Das ist mit maximal

$\Delta x = 20 \text{ mm}$  und  $\text{tg } \delta = 0,43$  rund  $0,000002$ , also weit unter der Genauigkeitsgrenze von  $0,002$  in arc. —  $p_4$  ist mit dem ungünstigen Wert von  $\text{tg } 23,5^\circ = 0,43$  und dem kleinsten Wert von  $\Delta x : 2 \cdot f$  etwa  $0,002$ . Da die Koordinatendifferenzen gegen den Sonnenmittelpunkt maximal  $3 \text{ mm}$  [7,5] sind, bedingt das Beträge bis zu  $0,006$  [0,015]. Das ist bei kurzen Rohren eben noch unmerklich, kann aber auch dort wirksam werden, wenn man bei wolkeigem Himmel  $\Delta x$  größer als  $6,5 \text{ mm}$  nehmen muß; bei längeren Rohren muß es aber beachtet werden. Aus der Fig. 18 folgt  $p = p' - p_4$ ;  $p_4$  hat stets das Vorzeichen von  $\text{tg } \delta$ .

d) Zwischen den beiden Aufnahmen ändert sich auch die Deklination der Sonne (Betrag  $d\delta$  aus dem Jahrbuch entnehmen); dadurch wird der Positionswinkel um  $p_5 = d\delta : \Delta x$  geändert. Der Betrag kann merklich werden. Es ist  $p = p' - p_5$ ;  $p_5$  hat das Vorzeichen von  $d\delta$ .

e) Schließlich wird der Positionswinkel noch geändert durch Refraktion um die in der Einleitung angegebenen Beträge  $p_1$  und  $p_2$  (Formeln 2 und 3). — Der gesuchte Positionswinkel ergibt sich zu  $p = p' - p_1 + p_2 + p_3 - p_4 - p_5$ . Mehrere der Korrekturen sind nur klein und zeitweilig null; doch kann zufällige Addition von kleinen Einzelwerten schließlich merklich werden. Im Unterricht kann man nach entsprechender

Überlegung manches fortlassen und wird immer noch brauchbare Ergebnisse erhalten; namentlich bei kurzen Rohren sind die Krümmung der Sonnenspur und die Änderung der Deklination fast immer belanglos. Nur wenn man den Merkurdurchgang auch für Parallaxe streng verfolgen will, muß alles beachtet werden.

4. Sonnenflecken. Zur Bestimmung eines Fleckenortes macht man Aufnahmen im Meridian, wenn die Refraktion nicht stört, orientiert die Aufnahmen gegenüber dem Mikrometer wie angegeben und liest ab (Fig. 20)  $x_o, x_w, y_n, y_s, x_f, y_f$  und an der Hilfsaufnahme  $y'_s$  und  $x'_w$ ; dann ist  $dx' = x_f - x_m = x_f - \frac{x_o + x_w}{2}$ ;  $dy' = y_f - \frac{y_n + y_s}{2}$ ;

ferner sind die Durchmesser  $x_o - x_w = y_n - y_s$ . Von  $dx'$  und  $dy'$  sind aber  $dx$  und  $dy$  im Äquatorsystem verschieden; denn dagegen sind die Meßkoordinaten gedreht um

$p_3 = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_s - y_n}{x'_w - x_o}$  und bei großer Genauigkeit um  $p_4$ , namentlich bei langem  $\Delta x$

infolge wolkigen Himmels. Nach den Formeln der analytischen Geometrie ist dann  $dx = dx' \cdot \cos \Delta p + dy' \cdot \sin \Delta p$ ;  $dy = dy' \cdot \cos \Delta p - dx' \cdot \sin \Delta p$ , worin  $\Delta p$  die Summe der Winkelkorrekturen mit dem angegebenen Vorzeichen ist. Da aber  $\Delta p$  klein ist, kann man setzen  $dx = dx' + dy' \cdot \Delta p$  und  $dy = dy' - dx' \cdot \Delta p$

( $\Delta p$  am Radius gemessen, also die Formelwerte nehmen ohne Multiplikation mit  $57,3^\circ$  oder  $3438'$ ). — Im Winter kann man auch im Meridian nur durch Refraktion gestörte Aufnahmen erhalten. Da man die Rotationselemente im Sommer erhalten kann, erachte ich diese Aufnahmen nur für erwünscht, wenn man die Fleckenbahnen in den Jahreszeiten vergleichen will. Die Korrekturen sind aber einfach, denn die Refraktion stört nur in Nord-Süd-Richtung ( $y$ -Richtung). Man mißt wie oben, findet aber  $(y_n - y_s)$  um  $\Delta R$  kleiner als  $x_o - x_w = d$ ; man hat dann  $dy''$  noch zu korrigieren um  $\mu dy''$ , also  $dy = dy'' + \mu dy''$ . — Es interessiert nun die Frage, wie weit außerhalb des Meridians man noch so einfach verfahren kann. Dann darf zunächst die Korrektur  $\delta x = dR \cdot \sin q$  (Formel 4 der Einleitung) nicht merklich werden. Nimmt man nun  $dR$  maximal zu  $0,03$  mm an, dann darf noch nicht  $0,03 \cdot \sin q = 0,005$  sein oder  $\sin q = 0,16$ ;  $q = 9^\circ [4^\circ]$ . Das ergibt am 21. Dezember  $t = 1^h$  und  $dR = 0,02$  mm [30<sup>m</sup>]. Dann ist ferner auch die Korrektur  $\delta y$  (Formel 4) nicht von  $dR$  verschieden, da  $0,03 \cdot \cos 9^\circ = 0,03$ . Auch erhält man dann noch die Durchmesser in  $x$ - und  $y$ -Richtung mit ihren Werten im Meridian (Formel 1). Aufnahmen weiter außerhalb des Meridians zu vermessen, hat wohl nur den Wert, auf die Schwierigkeit astronomischer Messungen aufmerksam zu machen.

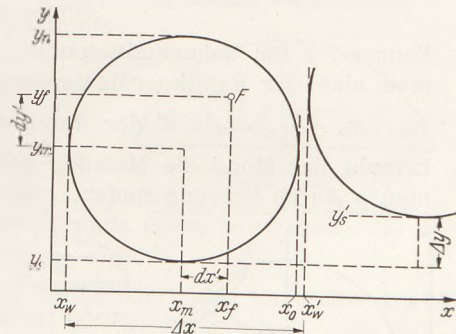


Fig. 20. Vermessung eines Flecks.

Wie unter A, 7b kann man auch nach Photographien eine Fleckengruppe außerhalb der Mitte nach der Mitte übertragen. Dagegen hat es kaum Wert, die Größe eines Flecks zu vermessen. Auch kann man die Rotationselemente bestimmen, ganz entsprechend A, 7c. Zwei Aufnahmen mit zwei Stunden Zwischenzeit ergeben etwa dreimal vergrößert einen „Stereoeffekt“.

5. Sonnenfinsternis. Aufnahmen ergeben einen schönen Überblick über den Verlauf; man kann bei feststehendem Rohr leicht drei Aufnahmen mit 2,5 min Zeitunterschied nebeneinander legen und mehrere solcher Reihen durch Verschiebung der Kassette im Raum  $a$  (Fig. 1 in A\*) erhalten; die Zahl wird man vielleicht nur deswegen beschränken, weil eine mißlungene Aufnahme mehrere andere auch verderben kann. Da bei der Finsternis 1936, Juni 19, die Luft außerordentlich klar war, sind meine Aufnahmen trotz der geringen Höhe stark überbelichtet, aber doch noch brauchbar. Deutlich sieht man z. B. die Schwenkung der Sichel zur Zeit der größten Phase. Der

Mond ist schon klar erkennbar 0,2 min nach Beginn und vor Ende nach den Jahrbuchwerten. Folgende Messungen sind möglich:

a) Größte Phase (Fig. 21). Man legt die Hörnerlinie möglichst parallel einer Strichrichtung im Mikrometer und findet dann den Betrag der größten Phase in Einheiten des Durchmessers zu  $(d-H):d$ ;  $H = (y_a - y_i)$ . Da in den Jahrbüchern der Betrag nur auf zwei Dezimalen angegeben wird, braucht die Orientierung des Mikrometers nicht sehr sorgfältig zu sein; auch ist Korrektion wegen Refraktion nach der Formel (1) der Einleitung nicht nötig. Ich erhielt 0,608, in Übereinstimmung mit dem Jahrbuchwert 0,61.

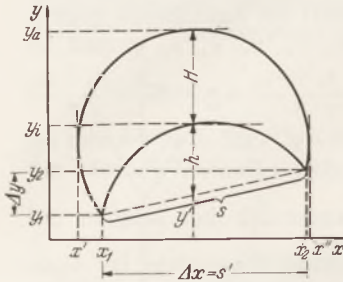


Fig. 21. Bestimmung der größten Phase und des Mondradius.

b) Positionswinkel für Beginn und Ende. Vermessen habe ich die Aufnahmen mit 0,2 min vor Ende und nach Beginn. An der genähert richtig orientierten Doppelaufnahme bestimmt man  $p'$  (Fig. 22) als Positionswinkel der Verbindungslinie von Sehnenmittelpunkt und Sonnenmittelpunkt. Es ist  $\text{tg } p' = \frac{x_s - x_m}{y_s - y_m}$  (Index  $m$  für

Sonnen-,  $s$  für Sehnenmittelpunkt).  $x_s = (x_2 + x_1):2$ ,  $x_m = (x_o + x_w):2$  usw. Kann man eine der Randkoordinaten wegen des Mondes nicht erhalten, dann findet man  $x_m = x_o - \frac{d'}{2}$ , worin  $d'$  der durch Refraktion veränderte Wert von  $d$  ist, Formel (1).

Erlaubt der Mond die Messung des senkrechten Durchmessers (vgl. B, 3), dann kann man  $\mu$  durch Messung finden, sonst muß man es nach Berechnung oder Messung von  $z$  einer Tabelle entnehmen. Dann findet man  $d' = d - \mu d \cdot \cos^2(p'' - q)$  (Formel 1). Da aber hinreichend nahe stets  $p'' = 0$  ist, hat man  $d' = d - \mu d \cdot \sin^2 q$  für die  $y$ -Richtung und entsprechend  $\cos^2 q$  für die  $x$ -Richtung. Für den Beginn der Finsternis erhielt ich  $p' = 244,54^\circ$  nach Korrektion für  $p_3$ . Der Einfluß der Refraktion ist aber wegen des niedrigen Sonnenstandes so stark, daß  $p_1$  und  $p_2$  unbedingt beachtet werden müssen. Nach den Formeln (2) und (3) der Einleitung ergeben sich mit  $\Delta R = 0,255$ ,  $d = 6,04$ ,  $p' = 244,5^\circ$  und  $q = 31,7^\circ$ ,  $-p_1 + p_2 = -0,023$ . Das ist praktisch unmerklich, da die einzelnen Werte ungefähr gleich sind, schon kenntlich an der Lage der Einbuchtung fast auf einem Parallelkreis (die Einzelwerte sind fast  $1^\circ$ , also durchaus merklich).  $p_4$  und  $p_5$  ergeben auch noch den störenden Wert  $+0,13^\circ$ . Der endgültige Wert ist also  $244,54 + 0,11 = 244,6^\circ$ . Die Abweichung gegenüber dem Jahrbuchwert 245,1 ist  $-0,5^\circ$ , also erheblich größer als die Meßgenauigkeit von etwa  $\frac{1}{300}$  des Radius oder rund  $0,2^\circ$ . Begründet ist die Abweichung zum Teil dadurch, daß nicht genau der Beginn vermessen wurde, aber auch dadurch, daß namentlich ein Horn schlecht definiert ist. Das Ende der Finsternis ergab  $112,5^\circ$  gegenüber  $112,1^\circ$  nach dem Jahrbuch.

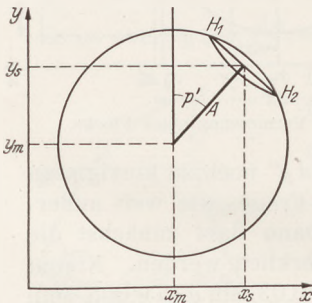


Fig. 22. Positionswinkel der Verbindungslinie von Sonnen- und Mondmittelpunkt.

Die Aufnahmen erlauben aber auch die Bestimmung des Mondortes relativ zur Sonne. Das ist zunächst eine Anwendung geometrischer Kenntnisse, erlangt aber dadurch astronomischen Wert, daß man den Ort nach der Aufnahme mit dem geozentrischen nach der Ephemeride vergleicht. Der Unterschied ist durch die Parallaxen bedingt. Dafür muß man folgende Größen ermitteln:

c) Mondradius. Man findet ihn aus der Hörnersehne  $s$  und der Höhe  $h$  zu  $r = \frac{s^2}{8 \cdot h} + \frac{h}{2}$ . Man orientiert die Aufnahme mit der größten Phase so, daß  $s$  möglichst parallel einer Strichrichtung verläuft (Fig. 21). Dann ist  $s' = \Delta x = x_2 - x_1$  und  $h' = y_i - \frac{y_2 + y_1}{2}$ . Der dabei durch falsche Orientierung ( $\Delta y$  bis zu 0,1 mm) ent-



stehende Fehler ist nicht merklich; denn es ist streng  $s' = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$  oder genähert, da  $\Delta y$  klein gegen  $\Delta x$ ,  $s' = \Delta x + \frac{\Delta y^2}{2 \cdot \Delta x}$ . Da  $s'$  etwa 5 mm und  $\Delta y = 0,1$ , ist das zweite Glied 0,001 mm, also unmerklich [beim langen Rohr etwa ebenso]. Der Fehler in  $h$  beträgt bei der angenommenen Orientierung mit  $\Delta y = 0,1$  mm nach Rechnung nur 0,0001 mm.

$\alpha$ ) Ist nämlich die Orientierung um den Winkel  $\beta = \Delta y : \Delta x$  falsch (Fig. 23, dort  $h + dh$  statt  $k + dh$ ), dann ist  $r^2 = (r-h)^2 + y^2 + 2 \cdot y \cdot (r-h) \cos \beta = (r-h)^2 + (h+dh)^2 + 2 \cdot (h+dh) \cdot (r-h) \cdot \cos \beta$ , genähert  $r^2 - 2 \cdot r \cdot h + h^2 + h^2 + 2 \cdot h \cdot dh + dh^2 + 2 \cdot (h+dh) \cdot (r-h) \cdot \left(1 - \frac{\beta^2}{2}\right) = r^2 - 2 \cdot r \cdot h + 2 \cdot r \cdot h + 2 \cdot h^2 - 2 \cdot h^2 + 2 \cdot h \cdot dh - 2 \cdot h \cdot dh + 2 \cdot r \cdot dh + dh^2 - h \cdot (r-h) \cdot \beta^2 - dh \cdot (r-h) \cdot \beta^2$ ; subtrahiert man beiderseits  $r^2$ , so bleibt  $2 \cdot r \cdot dh + dh^2 + dh \cdot (r-h) \cdot \beta^2 = h \cdot (r-h) \cdot \beta^2$  oder  $dh = \frac{h \cdot (r-h) \cdot \beta^2}{2 \cdot r + dh + (r-h) \cdot \beta^2}$ ; darin ist mit den unten gefundenen Werten von  $dh$  und  $\beta$  das zweite und dritte Glied im Nenner relativ klein gegen  $2 \cdot r$ , so daß hinreichend genähert gilt  $dh = \frac{h \cdot (r-h)}{2 \cdot r} \beta^2$ . Das Produkt  $h \cdot (r-h)$  mit der konstanten Faktorensomme  $r$  ist ein Maximum für  $h = r - h = r : 2$ . Dann ist  $dh = \frac{r}{8} \cdot \beta^2 = \frac{r}{8} \cdot \left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)^2 = \frac{3}{8} \cdot \left(\frac{0,1}{5}\right)^2 = 0,0001$  mm.

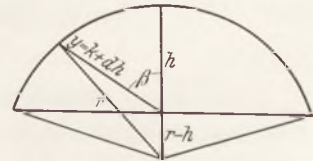


Fig. 23. Einfluß falscher Orientierung bei der Messung von  $h$ .

$\beta$ ) Man kann auch untersuchen, welche Werte von  $s$  und  $h$  die kleinsten Fehler in  $r$  ergeben. Es ist  $r = \frac{s^2}{8h} + \frac{h}{2}$ , also  $r + dr = \frac{(s+ds)}{8 \cdot (h+dh)} + \frac{h+dh}{2} = \frac{(s+ds)}{8 \cdot h \cdot (1+dh:h)} + \frac{h+dh}{2}$ .

Entwickelt man bis zu den Gliedern erster Ordnung, multipliziert also im ersten Ausdruck mit  $(1 - dh:h)$  statt der Division durch  $(1 + dh:h)$ , so erhält man

$$\frac{(s^2 + 2 \cdot s \cdot ds) \cdot (1 - dh:h)}{8 \cdot h} + \frac{h}{2} + \frac{dh}{2} = \frac{s^2}{8h} + \frac{1}{4} \cdot \frac{s}{h} ds - \frac{1}{8} \left(\frac{s}{h}\right)^2 \cdot dh + \frac{h}{2} + \frac{dh}{2}$$

oder, da  $\frac{s^2}{8h} + \frac{h}{2} = r$ ,

$$dr = \frac{1}{4} \cdot \frac{s}{h} ds - \frac{1}{8} \left(\frac{s}{h}\right)^2 dh + \frac{dh}{2}. \quad (4)$$

$s$  und  $h$  müssen nun so gewählt werden, daß  $dr$  möglichst klein, also Null wird. Setzt man zur Abkürzung  $s:h = g$ , so erhält man  $dr = \frac{1}{4} g \cdot ds - \frac{1}{8} g^2 \cdot dh + \frac{1}{2} dh = 0$ .  $ds$  und  $dh$  können je bis zu 0,01 mm und von gleichem und entgegengesetztem Vorzeichen sein. Nimmt man beide als gleich zu 0,01 mm an, so ergibt die Auflösung Werte über  $2r$ , nachdem man etwa  $s$  durch  $h$  nach der Hauptgleichung ersetzt hat. Da das unmöglich ist, muß man  $s$  möglichst groß nehmen, also die größte Phase vermessen. Weil  $h$  in der Hauptformel im Zähler und Nenner vorkommt, kann man überlegen, bei welchen Werten  $s:h$  die Größe  $dh$  unschädlich ist. Das ist nach der eben erhaltenen Gleichung (4) der Fall für  $g^2:8 = 1:2$ ,  $g = 2$ ,  $s = 2 \cdot r$ . Aber auch dann, wenn  $s$  etwas kleiner wird, ist die Unsicherheit von  $dr$  durch  $dh$  noch klein, so daß bei großem  $s$  nur der Fehler von  $ds$  wirksam ist.

Gemessene und berechnete Werte stehen in der Tabelle 1 (zur Vergleichung auch noch  $r_{\odot}$ ; gerechnet wird aber mit dem direkt gemessenen).

d) Positionswinkel der Verbindungslinie der beiden Mittelpunkte. Dieser kann so gefunden werden wie unter b); da aber die Verbindungslinie nur kurz ist, ist die Genauigkeit entsprechend geringer. Sie wird günstiger, wenn man  $p'$  aus der Neigung  $p''$  der Hörnerlinie ermittelt; es ist  $\text{tg } p' = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ ; weiteres in der Tabelle 1.

e) Der Abstand der Mittelpunkte ergibt sich nach Fig. 24 zu  $A = H + r_{\odot} - r_{\ominus}$ .  $H$  wurde schon unter a) ermittelt, muß aber hier, wenn man höchste Genauigkeit

anstrebt, wegen Refraktion korrigiert werden. Werte in der Tabelle 1 (dort dann auch noch die größte Phase nach den korrigierten Werten).

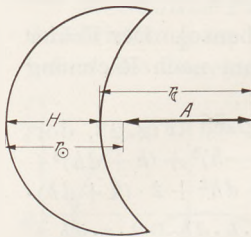


Fig. 24. Berechnung des Abstandes der Mittelpunkte.

f) Aus  $A$  und  $p$  ergeben sich dann als Koordinaten des Mondmittelpunktes relativ zur Sonne  $dX = A \cdot \sin p$  und  $dY = A \cdot \cos p$ . Zur Verwandlung in sphärische Koordinaten müssen sie mit  $k = 3,127''$  für 0,01 mm multipliziert werden,  $dX$  außerdem noch mit  $1 : \cos \delta$ . Weicht  $p$  erheblich von  $0^\circ$  oder  $180^\circ$  ab, so kann bei größerem  $A$  und größeren Werten von  $\delta$  eine Korrektion an  $d\delta$  notwendig werden. Sie beträgt in hinreichender erster Näherung in  $'' d\delta' = -206\,265'' \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{A^2}{f^2} \cdot \sin^2 p \cdot \operatorname{tg} \delta$ , oder in mm  $\frac{1}{2} \cdot \frac{A^2}{f} \cdot \sin^2 p \cdot \operatorname{tg} \delta$ .

Den Ausdruck findet man folgendermaßen. Korrekt müßte man rechnen nach den beiden Formeln

$$\sin d\alpha = \frac{\sin A_0 \cdot \sin p}{\cos \delta} \tag{5}$$

und  $\sin \delta_m = \sin(\delta - d\delta) = \sin \delta \cdot \cos A_0 + \cos \delta \cdot \sin A_0 \cdot \cos p \tag{6}$

Tabelle 1. Vermessung von Platte S 44, Aufnahme b.

$z = 80,45^\circ$ ;  $q = -35,27^\circ$ ;  $\mu = \frac{33}{3600} = 0,00917$  (nach der Tabelle);  $k = 3,127''$  (0,01 mm).

Angaben in 0,01 mm.

$y_a$	1226 <sup>+</sup>	1242	1227	1240 <sup>+</sup>		$y_n$	1178	1233 <sup>+</sup>	1236	1281 <sup>+</sup>
$y_i$	990 <sup>-</sup>	1006	990	1004 <sup>-</sup>	Mittel	$y'_n$	1182 <sup>-</sup>	1234	1244 <sup>-</sup>	1286 <sup>+</sup>
$H'$	237	236	237	237	236,7	$\Delta y$	+4 <sup>-</sup>	+1 <sup>-</sup>	+8 <sup>-</sup>	+5
$dH = 0,0092 \cdot \cos^2 213^\circ$					1,6	$p_3$ für $y = 1$ :	$\frac{57,3}{\Delta x} = \frac{57,3}{655} = 0,088^\circ$			
$H$					238,3	$x_2$	1269	1270	1280	1276
$y'_2$	816	831	816	930		$x_1$	713	714	724	721
$y'_i$	812	829	814	827		$d x = x_2 - x_1$	556	556	556	555
$y' = \frac{y'_i + y'_2}{2}$	814	830	815	828,5		$y_2$	777	831	837 <sup>+</sup>	882
$x'_1$	1272	1274	1273	1276		$y_1$	756	813	812	860
$x'_2$	715	718	716	719		$d y = y_2 - y_1$	21	18	25 <sup>+</sup>	22
$s' = x'_2 - x'_1$	557	556	557	557	556,7	$\lg dx$	2,7451	7451	7451	7443
$ds = 0,0092 \cdot 557 \cdot \cos^2 123$					1,6	$\lg dy$	1,3222	2553	4065	3424
$s$					558,3	$\lg \operatorname{tg} p''$	1,4229	4898	3386	4019
$h'_\odot = y_n - y'$	412 <sup>+</sup>	412	412	412	412,1	$p''$	87,84 <sup>o</sup>	88,15	87,37	87,73
$dh_\odot = 0,0092 \cdot 412 \cdot \cos^2 213$					2,7	$p_3$	31	05	66	44
$h_\odot$					414,8	$p'' + p_3$	88,15	88,20	88,03	88,17
$r_\odot = \frac{558,3^2}{8 \cdot 414,8} + \frac{414,8}{2}$					301,5	Mittel: 88,14 <sup>o</sup>				
$h'_\zeta = y_i - y'$	176 <sup>-</sup>	176	175	175	175,4	$p'' - q = 88 + 35 = 123^\circ$				
$dh_\zeta = 0,0092 \cdot 175 \cdot \cos^2 213$					1,2	$p'_1 = 0,0092 \cdot \sin 246 \cdot 57,3 = -0,25^\circ$				
$h_\zeta$					176,6	$p_2 = 0,0092 \cdot \sin(-70) \cdot 57,3 = -0,26$				
$r_\zeta = \frac{558,3^2}{8 \cdot 176,6} + \frac{176,6}{2}$					308,85	$p_4 + p_5 = +0,13$				
Höhenkorrektion nach C*, S. 209						$p_0 = 88,14 - 0,26 + 0,25 - 0,13 = 88,00^\circ$				
$309 \cdot \cos 80,5 : 60 =$					0,85	$p = 88,00 + 90 = 178,00^\circ$				
$r_\zeta$ geozentrisch					308,0	$dX = 245,1 \cdot \sin 178,00 = +8,5$ oder				
oder $308 \cdot 312,7 = 16' 3,1''$						$d x = \frac{8,5 \cdot 3,127}{15 \cdot \cos \delta} = 29,1'' = +1,94^s$				
nach der Ephemeride						$dY' = 245,1 \cdot \cos 178,00 = -244,9$				
Unterschied $1,7''$ oder $0,0054$ mm						$\delta y'$ (Korrektion unter B 5 f)	0,0			
$A = 238,3 + 308,8 - 302,0$					245,1	$dY$	-244,9	oder		
Größte Phase: $\frac{d-H}{d} = \frac{604,0 - 238,3}{604,0}$					0,605	$d\delta = -244,9 \cdot 3,127'' = -12' 45,6''$				
nach dem Jahrbuch					0,61					

( $A_0$  der zu der Distanz  $A$  mm gehörige Winkel,  $\delta$  Deklination der Sonne,  $\delta_m$  Deklination des Mondes). Bei Sonenaufnahmen kann man in (5) immer  $\sin A_0 = A_0$  und  $\sin d\alpha = d\alpha$  setzen, da die dadurch bedingte Ungenauigkeit weit unter  $1/10000$  bleibt. — Formel (6) ergibt nach Reihenentwicklung bis zu den quadratischen Gliedern

$$\sin \delta - d\delta \cdot \cos \delta + 0,5 \cdot d\delta^2 \cdot \sin \delta \dots = \sin \delta - 0,5 \sin \delta \cdot A_0^2 + \cos \delta \cdot \cos p \cdot A_0 \quad (7)$$

oder  $d\delta = A_0 \cdot \cos p - 0,5 \cdot \text{tg } \delta \cdot (A_0^2 - d\delta^2)$ . In dem kleinen zweiten Glied rechts kann man ohne Bedenken setzen  $d\delta = A_0 \cdot \cos p$  und erhält dann  $d\delta = A_0 \cdot \cos p - 0,5 \cdot A_0^2 \cdot \text{tg } \delta \cdot \sin^2 p$ . Korrekter<sup>1</sup> erhält man das Glied, indem man  $d\delta$  als Reihe schreibt  $d\delta = a \cdot A_0 + b \cdot A_0^2 + \dots$  und diesen Wert links in (7) einsetzt, wodurch man erhält

$$a \cdot A_0 \cdot \cos \delta - b \cdot A_0^2 \cdot \cos \delta + 0,5 \cdot a^2 \cdot A_0^2 \cdot \sin \delta \dots = A_0 \cos p \cdot \cos \delta - 0,5 A_0^2 \sin \delta.$$

Da man beiderseits eine Reihe für  $A_0$  hat, müssen die Koeffizienten von  $A_0, A_0^2 \dots$  gleich sein, also  $a \cdot \cos \delta = \cos p \cdot \cos \delta$  oder  $a = \cos p$ ; ferner  $b \cdot \cos \delta - 0,5 \cdot a^2 \cdot \sin \delta = -\sin \delta$ ; wenn man für  $a$  den gefundenen Wert einsetzt, so wird  $b = 0,5 \cdot \text{tg } \delta \cdot \sin^2 p$  und die Korrektur wie oben. Inhaltlich sind beide Ableitungen gleichwertig. Mit Rücksicht auf die vielleicht später zu erörternde Vermessung von Sternfeldaufnahmen mit einer Handkamera sei hinzugefügt, daß nach einer entsprechenden Bestimmung des Koeffizienten von  $A_0^2$  sich ergibt  $\frac{1}{6} \cdot \sin^2 p \cdot \cos p \cdot (1 + 3 \cdot \text{tg}^2 \delta)$ . Hier wird nur das zweite Glied gebraucht; es ist

$$(A \text{ und } f \text{ in mm}) d'\delta = -\frac{1}{2} \cdot \frac{A^2}{f^2} \sin^2 p \cdot \text{tg } \delta \text{ oder in mm auf der Platte } -\frac{1}{2} \cdot \frac{A^2}{f} \cdot \sin^2 p \text{ tg } \delta,$$

mit maximal  $A = 6$ ,  $\sin^2 p = 1$  und  $\text{tg } \delta = 0,43$  rund  $-0,012$  mm [0,029], also merklich. — Gegenüber dem Rechnen mit den strengen Formeln hat das Korrektionsglied den Vorteil, daß an sich die Rechnung bequemer ist als nach (6) und außerdem vierstellige Rechnung genügt, während (6), um etwa  $1''$  Genauigkeit zu ergeben, bis  $11^\circ$  fünfstellige Rechnung erfordert und darüber hinaus sechsstellige.

g) Die Rechnung für die Mondentfernung ist nun folgende. Es werden geozentrischer Sonnen- und Mondort zur Zeit der Aufnahme nach der Ephemeride berechnet. Der Unterschied gegen die Aufnahme ist die Wirkung des Parallaxenunterschiedes von Mond und Sonne. Diese Größe läßt sich auch nach den Formeln für Parallaxe berechnen; die Übereinstimmung beider Werte ist dann ein Hinweis darauf, daß Mond und Sonne die im Jahrbuch angegebenen Parallaxen tatsächlich haben. Für die Rechnung werden die parallaktischen Formeln benutzt, wie sie z. B. BAUSCHINGER<sup>2</sup> angibt:

$$\cos \delta \cdot (\alpha - \alpha') = \varrho \cdot \pi \cdot \cos \varphi' \cdot \sin t'; \quad \delta - \delta' = \varrho \cdot \pi \cdot \left( \cos \delta' \cdot \sin \varphi' - \sin \delta' \cdot \cos \varphi' \cdot \frac{\cos [(t + t') : 2]}{\cos [(t - t') : 2]} \right).$$

Darin ist  $\varrho$  der geozentrische Radius am Beobachtungsort,  $\varphi'$  die geozentrische Breite,  $\pi$  die Äquatorialhorizontalparallaxe,  $\alpha, \delta, t$  die geozentrischen Koordinaten des Mondes,  $\alpha', \delta', t'$  dieselben für den Beobachtungsort. — Die Ephemeriden geben den geozentrischen Ort von Sonne und Mond zur Zeit der geozentrischen Konjunktion an. Davon weicht die Aufnahmezeit um  $1^h 37^s = 1,0103^h$  ab. Außerdem werden die stündlichen Änderungen angegeben. Mit diesen Werten kann man aber im vorliegenden Fall wegen der ungleichförmigen Bewegungen nicht größte Genauigkeit erhalten. Die in der Tabelle 2 benutzten Werte sind errechnet aus der von Stunde zu Stunde fortschreitenden Mondepheemeride im Nautical Almanac und ergeben einen Unterschied von  $0,12^s$  und  $4,7''$  für den Mond und  $0,5''$  für die Sonne, können also gut merklich werden. Ist bei andern Finsternissen der Unterschied gegen die geozentrische Konjunktion geringer, so kann man auch für Grenzgenauigkeit einfacher rechnen. Der Gang der weiteren Rechnung ist dann aus der Tabelle 2 ersichtlich. — Der Unterschied in  $\alpha$  ist zwar unter  $0,01$  mm (0,006) aber doch noch reichlich groß; denn er hängt, weil  $p$  nahe an  $180^\circ$ , nur sehr roh von  $A$  ab, dagegen wesentlich von  $p$ ;  $p$  wird an einer Sehne mit gegen 6 mm Länge gefunden, müßte also auf 1:600 oder  $0,1^\circ$  genau sein, und das bedingt bei  $A = 2,45$  mm nur  $0,004$  mm. Diese Abweichung

<sup>1</sup> KONKOLY: Astrophotographie. In VALENTINERS Handwörterbuch der Astronomie, Bd. I, S. 692.

<sup>2</sup> In WEBER-WELLSTEIN, ENZ. d. Elementarmathematik, 3. Aufl., III 2, S. 538.

dürfte nicht auftreten, da die vier Messungen doch 24 verschiedene Ablesungen für  $p$  enthalten und ferner der Mittelwert von  $(p'' + p_3)$  auch nur in einem Fall um  $0,1^{\circ}$  gegen die Einzelwerte differiert. Möglich ist, daß die Mikrometerstriche nicht hinreichend gerade sind oder Schichtverzerrung stört; letztere soll allerdings nur sehr

Tabelle 2. Berechnung der parallaktischen Größen für die größte Phase.

Die Aufnahme liegt  $5^h 15^m 22^s$  (GMT)  $-4^h 14^m 45^s = 1,0103^h$  vor der geozentrischen Konjunktion.

Konjunktion	$\alpha_{\odot}$	$5^h 50^m 05,98^s$	$\delta_{\odot}$	$23^{\circ} 25' 41,0''$
	$d\alpha_{\odot} = -1,0103 \cdot 10,40$	$-10,51$	$d\delta_{\odot} = -1,01 \cdot 3,0$	$-3,0$
Aufnahmezeit	$\alpha_{\odot}$	$5 49 55,47$	$\delta_{\odot}$	$23 25 38,5$
Konjunktion	$\alpha_{\oplus}$	$5 50 05,98$	$\delta_{\oplus}$	$23 57 24,5$
	$d\alpha_{\oplus} = -1,0103 \cdot 153,55$	$-2 35,13$	$d\delta_{\oplus} = +1,0103 \cdot 152,2$	$+2 33,8$
Aufnahmezeit	$\alpha_{\oplus}$ (geozentrisch)	$5 47 30,85$	$\delta_{\oplus}$ (geozentrisch)	$23 59 58,3$

Mondort für den Beobachter:

Sonnenort	$5^h 49^m 55,47^s$	$23^{\circ} 25' 38,0''$	(falsch um die Sonnenparallaxe)
Mond — Sonne	$+1,94$	$-12 45,8$	(nach Tabelle 1)
Mondort demnach	$5 49 57,41$	$23 12 52,2$	(falsch um die Sonnenparallaxe)
Mondort geozentrisch	$5 47 30,85$	$23 59 58,3$	
$\pi_{\oplus} - \pi_{\odot}$ in $\alpha$ und $\delta$	$+2 26,56$	$-47 06,1$	

$t =$  Zeit des Meridiandurchgangs — Aufnahmezeit  $= 12^h 20^m 33^s - 5^h 14^m 45^s = 7^h 5^m 48^s = 106^{\circ} 27' 0''$

$t = t - d\alpha$  (geozentrisch)  $= 106^{\circ} 27' 00'' - 36' 07,5'' = 105^{\circ} 50' 53''$

$t' = t - d\alpha'$  (Ort)  $= 106^{\circ} 27' 00'' + 29,1'' = 106^{\circ} 27' 29,1''$

$\frac{t'+t}{2} = 106^{\circ} 09' 12''$      $\frac{t'-t}{2} = 18' 20''$      $\pi_{\oplus} - \pi_{\odot} = 58' 51,0'' - 8,7'' = 58' 42,3'' = \pi'$ .

Rechnung für $\pi'_{\alpha}$ :		Rechnung für $\pi'_{\delta}$ :	
lg $\varrho$	9,99905	lg cos $\delta'$	9,96333
lg $\pi'$	8,23238	lg sin $\varphi'$	9,90456
lg cos $\varphi'$	9,77552		9,86789
lg sin $t'$	9,98183	numerus	0,73772
	7,98878		+ 0,06540
lg cos $\delta$	9,96073		0,80312
lg $\pi'_{\alpha}$	8,02805	lg 0,80312	9,90478
$\pi'_{\alpha}$	$36' 40,3''$	lg $\varrho$	9,99905
oder	$2^m 26,69^s$	lg $\pi'$	8,23238
oben	$2^m 26,56^s$	lg $\pi'_{\delta}$	8,13621
Unterschied	0,13 <sup>s</sup>	$\pi'_{\delta}$	47' 03''
		oben	47' 06''
		Unterschied	3''

selten solche Beträge erreichen. Der Unterschied in  $\delta$  scheint dagegen verständlich. Die Aufnahme ist sehr stark belichtet. Dadurch wird  $H$  leicht etwas zu groß erhalten und ebenso  $r$  des Mondes, da die Hörner dadurch ihren Ort kaum ändern werden, wohl aber die Einstellung für  $h$ .

h) Verläuft eine Finsternis in der Nähe des Meridians, dann können sich Schulen zu einer direkten Entfernungsbestimmung des Mondes vereinigen. Will man den parallaktischen Effekt in  $\delta$  verfolgen, so müssen die Schulen auf annähernd gleichem Meridian liegen; eine Wirkung in  $\alpha$  erhalten Orte mit Längenunterschied. Diese Angelegenheit möchte ich aber in einem andern Zusammenhange darstellen.

Doppelaufnahmen mit dem Durchmesser des Sonnenbildes von etwa 15 mm bereiten bei der Aufnahme und Vermessung Schwierigkeiten. Folgendes scheint beachtenswert (ich habe aber keine Erfahrung). Ob die Aufnahmen an sich möglich sind, hängt von dem „Gesichtsfeld“ der Platte ab. Es wird begrenzt durch die Durchbohrung des Brettes  $d$  in Fig. 1 in A\*. Sie muß mindestens 26 mm betragen, was auch wohl im allgemeinen der Fall ist. Dann kann man neben ein vollständiges Bild noch

reichlich die Hälfte eines zweiten legen, und das genügt zur Markierung der gemeinsamen äußeren Tangenten. — In dem Netzmikrometer ist dann aber die Vermessung, wie oben angegeben, nicht mehr möglich, da nicht mehr die Hälfte der zweiten Aufnahme Platz hat. Im allgemeinen dürfte aber folgendes möglich sein. Will man den Fleck  $F$  in Fig. 25 vermessen, so legt man das Mikrometer so, daß  $F$  in beiden Aufnahmen in das Mikrometer fällt und die Verbindungslinie einer Strichrichtung parallel ist.

Dann ist  $r = \frac{y_n - y_s}{2}$ ;  $dy = y_f - (y_n + y_s) : 2$ ;  $dx = x_f - x_m = x_f - \left(x_o - \frac{y_n + y_s}{2}\right)$ . Erlaubt

das erwähnte Brett  $d$  nicht hinreichende Teile von Doppelaufnahmen, so muß man die Lage so wählen, daß der zu vermessende Fleck auf beiden Aufnahmen vorhanden ist; es dürfte nicht erheblich sein, wenn dann kein Bild vollständig ist, wenn etwa der Fleck nahe der Mitte liegt; an einem Bilde muß man aber einen Durchmesser messen können. Bei derartig großen Bildern sind indessen die Fehler des Netzmikrometers zu beachten.

Eine Vergleichung zwischen Projektion und Photographie scheint für die Photographie größere Genauigkeit zu ergeben. Denn die Schätzungen am Rande leiden bei der Projektion dadurch, daß das zweite Skalenintervall überhaupt nicht sichtbar, in Photographie aber nur weniger hell ist, falls sie nicht zu sehr geschwärzt ist. Aus gleichem Grunde ist auch die Vermessung in der Ostwestrichtung in Projektion dadurch benachteiligt, daß man den Strich, an dem man den Antritt mit der Stoppuhr mißt, bei der ersten Berührung nicht vorher sieht, und zweitens die Stoppuhr unzuverlässiger ist als das Mikrometer. — In unmittelbarer Wirkung auf die Schüler dürfte dagegen die Projektion überlegen sein, um so mehr, als dann (Nebenbeobachtungen) Helligkeitsabfall nach dem Rande, Fackeln, Einzelheiten in den Flecken, Granulation deutlich sind. Namentlich die Projektion im Klassenzimmer erlaubt auch eine viel allgemeinere Beteiligung der Klasse als die photographische Aufnahme und deren Vermessung. — Bei wolkigem Himmel dagegen ist die Photographie wieder im Vorteil; eine Aufnahme lediglich für Durchmessermessungen und die entsprechende Schätzung am Nord- und Südrand in Projektion sind wohl bei beiden in kleiner Wolkenlücke zu erhalten. Messungen mit der Stoppuhr erfordern aber mindestens für rund 2,5 min einen freien Himmel und liefern dann bei nur einmaliger Messung ein relativ unsicheres Ergebnis. Die für ähnliche Messungen entsprechend notwendige Aufnahme bei feststehendem Rohr in Photographie dagegen ist durch eine zweite Wolkenlücke möglich, deren Abstand von der ersten zwischen 2,5 und 8 min betragen kann. Bei späteren Wiederholungen scheint die Photographie ein wertvolleres Mittel zu sein als die nur aufgeschriebenen Zahlen. Außerdem können bei ihr Unsicherheiten nur durch Schichtverzerrung entstehen, die aber nach Untersuchungen von BERNDT<sup>1</sup> bei nicht lichthoffreien Platten nur selten 0,01 mm erreichen. Für Sonnenfinsternisse sind Photographien unbedingt vorzuziehen.

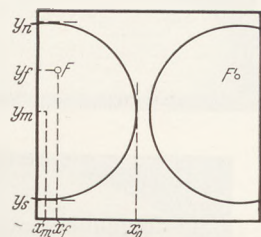


Fig. 25.  
Vermessung bei großem  
Sonnendurchmesser.

Unter A) wurden keine Messungen zur Sonnenfinsternis angegeben, da sie wenig lohnend sind. Vielleicht ist die Messung der größten Phase möglich, indem man zu dieser Zeit das Mikrometer so orientiert, daß eine Strichrichtung der Hörnersehne parallel ist, weiter mit Hilfe eines Flecks, so gut es geht, nachführt und die unter B, 5a angegebenen Schätzungen von mehreren Schülern für die einzelnen Größen gleichzeitig vornehmen läßt. Auch kann wohl der Versuch, ähnlich Position für Anfang und Ende zu finden, roh gelingen; große Genauigkeit ist dafür ja nicht nötig und die Erfassung der Tatsache das wesentlichere. Ich habe aber bei der Finsternis keine Messungen gemacht, da in diesem Falle die Photographie wesentliche Vorteile zu bieten scheint.

Unter A) wurden keine Messungen zur Sonnenfinsternis angegeben, da sie wenig lohnend sind. Vielleicht ist die Messung der größten Phase möglich, indem man zu dieser Zeit das Mikrometer so orientiert, daß eine Strichrichtung der Hörnersehne parallel ist, weiter mit Hilfe eines Flecks, so gut es geht, nachführt und die unter B, 5a angegebenen Schätzungen von mehreren Schülern für die einzelnen Größen gleichzeitig vornehmen läßt. Auch kann wohl der Versuch, ähnlich Position für Anfang und Ende zu finden, roh gelingen; große Genauigkeit ist dafür ja nicht nötig und die Erfassung der Tatsache das wesentlichere. Ich habe aber bei der Finsternis keine Messungen gemacht, da in diesem Falle die Photographie wesentliche Vorteile zu bieten scheint.

<sup>1</sup> Z. Instrumentenkde. 53, 510 (1933) und 54, 228 u. 452 (1934): Die Verzerrung photographischer Schichten.

Abblendung des Brillenglasfernrohrs,  $f=1000$  mm (diese Zeitschr. 47, 104; 1935), auf 20 mm ergibt brauchbare photographische Aufnahmen, wohl infolge relativ geringer Neigung des sekundären Spektrums gegen die Achse im Rot und der geringen Öffnung. Das Öffnungsverhältnis 1:50 erfordert aber Staubfreiheit des Filters, da sonst „Flecken“ entstehen. Die geringere Schärfe erhöht den Fehlerbetrag der Messung wohl etwas; bei dem größeren Durchmesser bleibt die relative Genauigkeit doch annähernd von derselben Ordnung wie oben. — Die Projektion des Mikrometers leidet allerdings unter der Lichtschwäche; die Öffnung 35 mm ergibt aber auch noch hinreichend zuverlässige Beobachtungen für Erfassung der Tatsache und einen ausreichenden Näherungswert.

Herr TREMEL stellte mir für mehrere Wochen eine Reihe von Mikrometerokularen zur Verfügung; das Mikrometer wurde im Physikalischen Institut der Hamburger Universität vermessen; allen beteiligten Herren sei dafür auch hier aufrichtig gedankt.

### Kleine Mitteilungen.

#### Über stroboskopische Saitenbilder.

Von A. Schmillen in Göttingen.

Im folgenden sei kurz über ein Verfahren berichtet, das mit sehr einfachen Hilfsmitteln die Schwingungsform einer Saite eindrucksvoll vorzuführen gestattet. Es schließt sich an die Aufgabe an, die Schwingungszahl der Saite stroboskopisch zu bestimmen. Die Saite  $B$  (Fig. 1) ist auf dem Grundbalken  $M$  über zwei Stege  $S$  gespannt; die Spannung kann durch Änderung des Gewichtes  $P$  verändert werden. Vor dem „Monochord“ steht

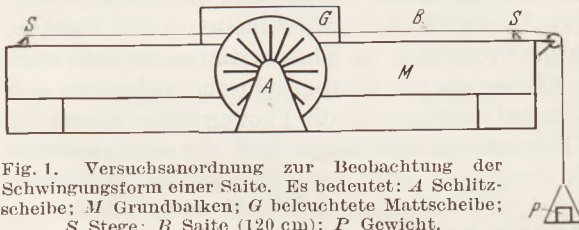


Fig. 1. Versuchsanordnung zur Beobachtung der Schwingungsform einer Saite. Es bedeutet:  $A$  Schlitzscheibe;  $M$  Grundbalken;  $G$  beleuchtete Mattscheibe;  $S$  Stege;  $B$  Saite (120 cm);  $P$  Gewicht.

eine durch einen Elektromotor mit veränderlicher Umdrehungszahl angetriebene Schlitzscheibe  $A$ , die 20 radiale Schlitze von 1 mm Breite enthält. Auf der Rückseite, der Schlitzscheibe gegenüber, steht eine hellerleuchtete Mattscheibe  $G$ . Blickt man mit einem schwach vergrößernden Mikroskop durch die vorbeiziehenden Schlitze auf die Saite, so läßt sich die Umdrehungszahl des Motors so einstellen, daß die Saite stillsteht. Dies ist der übliche Weg zur Bestimmung der Schwingungszahl. Blickt man aber aus einiger Entfernung mit dem bloßen Auge durch die ganze umlaufende Scheibe, so sieht man die ruhende Saite als dunklen Strich vor dem gleichmäßig grauen Hintergrunde. Schwingt die Saite, so sieht man wellenförmige Kurvenbilder, die je nach der Umdrehungszahl der Scheibe stillstehen, vorwärts oder rückwärts laufen. Man überlegt sich leicht ihre Entstehung: Ein Stück der Saite zwischen zwei Schlitzen wird Punkt für Punkt in aufeinanderfolgenden Zeiten freigegeben, so daß man die nebeneinanderliegenden Punkte in verschiedenen starker Auslenkung sieht. Die Umdrehungszahlen, bei denen Stillstand eintritt, sind durch folgende Bedingungen gekennzeichnet: Ist  $\nu$  die Schwingungszahl der Saite,  $f$  die Umdrehungszahl der Scheibe,  $N$  die Anzahl der Schlitze, so muß

$$n_1 \nu = N n_2 f \quad (1)$$

sein, wobei  $n_1$  und  $n_2$  ganze teilerfremde Zahlen sind. Die in den Fig. 2 wiedergegebenen Aufnahmen zeigen die Kurven für drei verschiedene Verhältnisse. Fig. 2a ist typisch für den Fall  $n_1/n_2 = 1/n$ . Die größten Abstände entsprechender Punkte, bei denen die Kurve noch einfach ist, erhält man für  $n_1 = n_2$  (Fig. 2b). Fig. 2c gilt für den Fall  $n_1/n_2 = m/l$  ( $m \neq 1$ ,  $l = 1, 2, 3 \dots$ ). Die Erscheinungen können im Schattenwurf vorgeführt werden, wenn man dort, wo sonst das Auge ist, eine möglichst punktförmige Lichtquelle anbringt und die Mattscheibe  $G$  entfernt. Sie läßt sich aber auch leicht

photographisch festhalten und dann zu einer quantitativen Analyse der Saitenschwingung benutzen. Dabei sind folgende Punkte zu beachten. Sowohl die Saite als die Schlitze müssen scharf abgebildet sein. Wegen der beschränkten Tiefenschärfe muß man daher etwas weiter zurückgehen. Ferner ist es schwer, die Kurven längere Zeit stehend zu erhalten, vor allem wegen der (zwar geringen) Abhängigkeit der Saitenschwingungszahl von der Amplitude. Man wird daher möglichst kurze Belichtungszeiten anstreben. Es wurde deshalb als kräftige Lichtquelle eine Quecksilberlampe benutzt. (Eine Bogenlampe eignet sich ebenso gut.) Die Lichtquelle wurde mit einem Kondensator in das Objektiv der Kamera abgebildet (Fig. 3). Die Belichtungszeit darf aber andererseits auch nicht zu kurz sein, denn während der Belichtungszeit muß die Scheibe mindestens um einen Schlitzabstand ( $18^\circ$ ) weiterrücken. Bei einer Belastung mit 5,5 kg ergab sich für die Umdrehungszahl  $3,9 \text{ sec}^{-1}$ , und die Belichtungszeit betrug  $\frac{1}{25}$  sec.

Welche Schlüsse kann man nun aus den Bildern auf die Schwingungsform der Saite ziehen? Hätten alle Punkte des beobachteten Saitenabschnittes denselben Schwingungszustand, so erhielte man den zeitlichen Ablauf der Bewegung eines festen Saitenpunktes, also gerade das, was wir wünschen. Diese Annahme trifft aber nicht zu, da der Schwingungszustand entlang der Saite sich räumlich ändert. Mathematisch ist er dargestellt durch:

$$u(x, t) = \sum_1^\infty n \left( A_n \cos \frac{n\pi a}{l} t + B_n \sin \frac{n\pi a}{l} t \right) \sin \frac{n\pi x}{l}, \quad (2)$$

mit  $a = \sqrt{P/\rho}$ ,  $P$  = Spannung,  $\rho$  = Masse/cm.

Die Änderung mit dem Ort bei festgehaltener Zeit ergibt sich zu:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \sum_1^\infty n \left( A_n \cos \frac{n\pi a}{l} t + B_n \sin \frac{n\pi a}{l} t \right) \cos \frac{n\pi x}{l} \cdot \frac{n\pi}{l}. \quad (3)$$

Für die  $n$ . Teilschwingung allein erhält man auf dem Stück  $\Delta x$ :

$$\Delta u_n = \left( A_n \cos \frac{n\pi a}{l} t + B_n \sin \frac{n\pi a}{l} t \right) \cos \frac{n\pi a}{l} \cdot \frac{n\pi}{l} \Delta x. \quad (4)$$

Entscheidend sind die letzten Faktoren; die Abweichung wächst also mit der Ordnungszahl der Partialschwingung. Am kleinsten ist sie, wie der Faktor  $\cos \frac{n\pi x}{l}$  zeigt, in unmittelbarer Umgebung eines Schwingungsbauches. Wenn man den Gesamtzustand

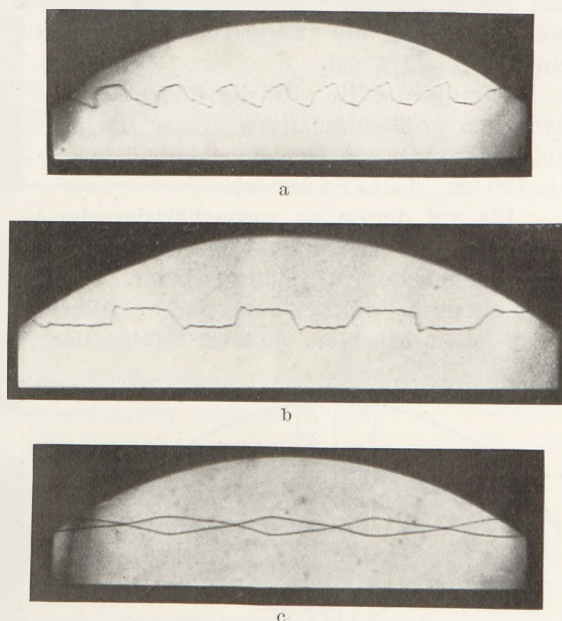


Fig. 2 a—c. Kurvenbild  
a) für  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{2}$ . b) für  $n_1 = n_2$ . c) für  $\frac{n_1}{n_2} = 2$ .

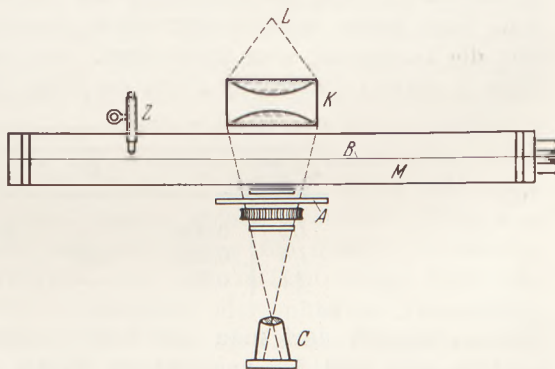


Fig. 3. Versuchsanordnung für die Wiedergabe von Saitenschwingungen im Lichtbild. Es bedeutet: A Schlitzscheibe; B Saite; C Kamera; M Grundbalken; K Kondensator; L Lichtquelle; Z Zupfer.





Als Beispiel für die Brauchbarkeit des Verfahrens ist im folgenden das Ergebnis der Analyse der in  $1/6$  angezupften Saite wiedergegeben. Es wurden drei Aufnahmen gemacht bei  $x = l/2$ ,  $l/4$  und  $3/8 l$  (Fig. 5 a, b, c). In der folgenden Tabelle sind die gemessenen und berechneten Amplitudenverhältnisse angegeben. Da die durch die

Tabelle 2. Beobachtete und berechnete  
Teilschwingungsverhältnisse.

$n$	berechnet	$x = l/2$	$x = l/4$	$x = \frac{3}{8} l$
1	1	1	1	1
2	0,43	—	0,42	—
3	0,22	0,22	—	—
4	0,11	—	—	0,14
5	0,04	0,05	—	—

Strichbreite bedingte Genauigkeitsgrenze nur 4% des Ausschlages beträgt, ist die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtungen erstaunlich gut.

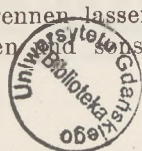
Herrn Prof. G. Joos danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit.

Göttingen, Zweites Physikalisches Institut der Universität.

### Ein einfacher Crackversuch (Paraffinölsplaltung).

Von L. Doermer in Hamburg.

Die starke Steigerung des Weltbedarfes an Motorentreibstoffen hat zum Cracken geführt, d. h. zum Spalten der höher siedenden Anteile des Erdöls durch Erhitzen auf höhere Temperatur in niedriger siedende Bestandteile (Benzine). Das Crackverfahren stellt einen besonderen Fall der vielen, heute zur Anwendung kommenden Verfahren pyrogener Zersetzung oder trockener Destillation dar, die alle eine Kohleveredelung bezwecken. Das Ziel der Crackdestillation ist die Gewinnung flüssiger Destillate; Gase und Koks sind hierbei nur unerwünschte, aber unvermeidliche Nebenerzeugnisse. In USA werden nur noch die leicht siedenden Bestandteile des Erdöls unmittelbar abdestilliert, während der Rest des Erdöls der Wärmesplaltung unterworfen wird. Dort hat sich besonders ein Crackverfahren durchgesetzt, bei dem die zu spaltenden Öle oder ihre Dämpfe durch Röhren geschickt werden, welche strahlender Hitze ausgesetzt sind, das sog. Pipe still-Verfahren (still Abkürzung für distill). Inzwischen ist die Zahl der Crackpatente Legion geworden, und auch in Deutschland findet das Verfahren zur Gewinnung von Treibstoffen unmittelbar oder mittelbar Anwendung. Die Kohlehydrierung des BERGLIUS-Verfahrens, nach dem die Leuna-Werke und verschiedene Kohleerflüssigungsanlagen in Mittel- und Westdeutschland arbeiten, und das von Braunkohlen, Braunkohlenteer, Steinkohlen, Steinkohlenteer und Erdölrückständen ausgeht, kann als eine Verbindung von Crackverfahren und Hydrierung angesehen werden. Die in Kohlen oder Teeren enthaltenen Kohlenwasserstoffe höherer Kohlenstoffatomzahl werden auf etwa  $450^\circ$  bis  $475^\circ$  erhitzt und dabei in gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe niedrigerer Kohlenstoffatomzahl aufgespalten; die ungesättigten lagern — vielfach unter Mitwirkung geeigneter Katalysatoren — den unter 150 bis 200 Atm Druck in die Kontaktöfen gepreßten Wasserstoff an und gehen dabei in gesättigte Kohlenwasserstoffe über. Außerdem werden bei dem Vorgang auch Nebenbestandteile der Kohle, die das Benzin verunreinigen würden, wie Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff, an Wasserstoff gebunden und damit in Verbindungen übergeführt, die sich leicht vom Benzin trennen lassen. Die sehr verwickelten und je nach den Ausgangsstoffen, Katalysatoren und sonstigen Umsetzungsbedingungen recht verschiedenartig



verlaufenden Vorgänge sind durch die eben gegebene Übersicht auf eine möglichst einfache und auch für reifere Schüler verständliche Form gebracht<sup>1</sup>.

Der weiterhin beschriebene Crackversuch geht von einem raffinierten Paraffinöl, dem bekannten Paraffinum liquidum aus, das sowohl in Erdöl wie im Braunkohlenteeröl enthalten ist und daher zu den Kohlenwasserstoffen gehört, deren Spaltung beim Crackvorgang in Frage kommt. Es ist für den vorliegenden Zweck besonders geeignet, weil sich durch ganz einfache Versuche zeigen läßt, daß es nur gesättigte Kohlenwasserstoffe enthält, denn es entfärbt beim Schütteln mit  $\frac{1}{2}$  n-Bromlösung in Schwefelkohlenstoff diese nicht, lagert also kein Brom an, und wird durch Unterschichten mit konz. Schwefelsäure nicht gebräunt. Eine brennende Flamme, die man der Oberfläche des Paraffinöls nähert, bringt es nicht zur Entflammung, auch dann nicht, wenn man die Oberfläche des Paraffinöls kurz mit der Flamme berührt. Der Flammpunkt liegt über  $100^{\circ}$ ; der Siedepunkt um  $270^{\circ}$ . Da es selbst durch Vakuumdestillation gewonnen wird, erfolgt bei Atmosphärendruck seine Spaltung schon bei Temperaturen, die in der Nähe seines Siedepunktes und eben darüber liegen.

In ein Destillierkölbchen zu 100 ccm Inhalt bringt man etwa 15 kleine, aus Stahlwolle Nr. 0 zwischen den Fingern zusammengerollte Bällchen von 1 bis 2 cm Durchmesser und drückt sie mit einem Glasstab so zurecht, daß sie den Boden des Kölbchens gut bedecken und möglichst berühren. Auf den Kolben setzt man mittels eines Korkes ein kleines Hahntrichterrohr auf, dessen zu einer Spitze verjüngtes Rohr bis in die Kolbenrundung führt. An den Destillierkolben schließt man ein 60 bis 70 cm langes, etwa 2 cm weites Kühlrohr (Luftkühlung) oder einen LIEBIG-Kühler (Wasserkühlung) an. Das Kühlrohr wird luftdicht mit dem Destillierkolben und mit einer Vorlage (Saugflasche oder Kugelvorlage) verbunden. Man füllt in den Hahntrichter Paraffinöl und erhitzt den Kolben zunächst durch Befächeln mit einer eben entleuchteten, aber noch nicht rauschenden großen Bunsenflamme so weit, daß er am Boden schwache Rotglut zeigt; dann läßt man langsam (in der Sek. 1 Tropfen) Paraffinöl auf die heiße Stahlwolle tropfen und befestigt den Bunsenbrenner in der richtigen Stellung unter dem Kolben am Stativ. Oberhalb des Ansatzrohres schiebt man über den Kolbenhals gleich zu Anfang des Versuches eine knopflochartig eingeschnittene Asbestplatte von etwa  $20 \times 20$  cm als Schutz für den Korken und den Hahntrichter gegen zu starke Erwärmung.

Die aus der Vorlage in den Raum austretenden Gase und Dämpfe dürfen, wenn der Versuch gut im Gange ist, frühestens 5 Min. nach Beginn der Paraffinölspaltung — auch dann erst nach vorheriger Knallgasprüfung — angezündet werden. Da die Gase schwerer sind als Luft, werden sie zur Prüfung in ein aufrecht gehaltenes Reagenzglas geleitet. Sie brennen mit stark rußender Flamme. Es empfiehlt sich, die aus der Vorlage entweichenden Gase und Dämpfe in einem Gassammelgefäß (Gasometer) aufzufangen; denn läßt man sie brennen, so verrußt der Raum; läßt man sie unverbrannt in den Raum oder unter den Abzug entweichen, so besteht Explosionsgefahr, die bei dem Gehalt an ungesättigten Kohlenwasserstoffen nicht unterschätzt werden darf. Natürlich kann man die Gase auch ins Freie leiten oder dadurch vollkommen verbrennen, daß man die nicht leuchtende, rauschende Flamme eines Bunsen- oder Teclu-Brenners gegen die Rußfahne der Flamme richtet. Beim Auffangen der Gase und bei Versuchen, die mit den unmittelbar aus der Vorlage austretenden Gasen angestellt werden, muß ein Über- oder Unterdruck von mehr als 2 bis 3 cm Wasser-

<sup>1</sup> Zur Einführung in die technische Seite der Crack- und Hydrierungsverfahren sei verwiesen auf ULLMANN, Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. Aufl., Bd. 4, S. 522f. und Bd. 6, S. 643f. (hier auch ausführliches Verzeichnis der Kohlehydrierpatente); siehe auch: M. PIER, „Zur Frage der Kohlehydrierung“ in der Zeitschrift „Die chemische Fabrik“ 8, 45 ff.; ferner GEORG R. SCHULTZE, „Thermodynamische Gleichgewichte von Kohlenwasserstoffreaktionen in Anwendung auf die destruktive Hydrierung“, Z. angew. Chem. 49, 268; 284; endlich E. BERL und W. FORST, ebenda 44, 833.

säule im Destillationskolben möglichst vermieden werden, weil dieser sonst wegen der beträchtlichen Erwärmung seines Bodens aufgeblasen wird oder zusammenfällt.

Bei den folgenden Untersuchungen des Destillats und der aufgefangenen Gase und Dämpfe wird auf eine systematische Analyse verzichtet; es werden nur die Hauptbestandteile festgestellt, soweit sie zum Verständnis der Gewinnung von Benzin nach dem Crackverfahren und dem Leunaverfahren erforderlich erscheinen. Daher wird auch von Untersuchungsverfahren abgesehen, die für die höhere Schule im allgemeinen nicht in Betracht kommen, wie z. B. auf fraktionierte Destillation der Erzeugnisse im Vakuum oder völlige Durchführung der Trennung der Bestandteile der flüssigen und gasförmigen Destillationserzeugnisse.

Etwa  $\frac{3}{4}$  Stunden nach Beginn des Versuches dreht man den Brenner unter dem Destillierkolben nach und nach langsam klein, um diesen zu schonen und ihn wiederholt zu demselben Versuche benutzen zu können.

Aus 30,5 g Paraffinöl wurden erhalten 16,6 g Destillat, ein anderes Mal aus 32 g Paraffinöl 15 g Destillat und über 8 Liter Gase.

Das Destillat stellt eine einheitliche, leicht flüssige bräunliche Flüssigkeit dar, deren spez. Gewicht 0,865 beträgt, gegenüber dem spez. Gewicht 0,880 des Paraffinöls. Der Flammpunkt des Destillates liegt unter 0°. Seine leichte Entflammbarkeit wird am einfachsten gezeigt, indem man 1 bis 2 ccm auf einen Porzellantascherben gießt und der Oberfläche jetzt langsam eine Flamme nähert; die Dämpfe des Destillates entzünden sich bereits, wenn die Flamme noch etwa 2 cm von der Oberfläche der Flüssigkeit entfernt ist. Durch Reiben des Destillates zwischen den Fingern stellt man fest, daß es die ölige Beschaffenheit des Paraffinöls gänzlich verloren hat. Durch Ausfließenlassen zuerst von Paraffinöl und dann von Destillat aus einer und derselben Pipette bei gleicher Temperatur — natürlich Reinigung und Trocknung der Pipette zwischen den beiden Versuchen — kann man die Viskositätsunterschiede der beiden Flüssigkeiten auch einem größeren Zuschauerkreise sichtbar machen.

Aus einer Pipette von 4 ccm Inhalt flossen bei Zimmertemperatur aus:

4 ccm Paraffinöl in 105 Sekunden,

4 ccm Destillat in 5 Sekunden.

Bei der fraktionierten Destillation von 25 ccm wurden bis 300° die folgenden 5 Anteile mit kleiner Flamme aus einem kurzhalsigen Destillierkölbchen überdestilliert:

- |    |               |                      |                        |
|----|---------------|----------------------|------------------------|
| 1. | 70° bis 110°, | spez. Gewicht 0,755, | Flammpunkt unter 0°;   |
| 2. | 110° „ 150°,  | „ „ 0,788,           | „ „ 0°;                |
| 3. | 150° „ 200°,  | „ „ 0,825,           | „ 17°, Brennpunkt 26°; |
| 4. | 200° „ 250°,  | „ „ 0,871;           |                        |
| 5. | 250° „ 300°,  | „ „ 0,885.           |                        |

Das Destillat besteht fast zur Hälfte (10 ccm) aus dem zwischen 250° bis 300° übergehenden Anteil vom spez. Gewicht 0,885. Dieser Anteil dürfte hauptsächlich wohl aus unzersetzt überdestilliertem Paraffinöl bestehen, das vielleicht geringe Mengen höher siedender, schwerer Kohlenwasserstoffe enthält, welche sich im Kolben neu gebildet haben und das spez. Gewicht gegenüber dem des reinen Paraffinöls etwas erhöhen. Von den niedriger siedenden Anteilen wurden nur je etwa 2 bis 3 ccm erhalten; ihre spez. Gewichte wurden mit ganz kleinen Pyknometern ermittelt. Der Flammpunkt wurde in der einfachen, von W. FRANCK in ARENDT, Technik, 5. Aufl., S. 555 dargestellten Weise bestimmt. Diese Art der Bestimmung kann natürlich nur sehr angenähert richtige Werte ergeben; doch genügen diese, um die Leichtflüchtigkeit und Leichtentzündlichkeit der drei ersten Fraktionen einwandfrei darzutun, worauf es hier allein ankommt.

Fügt man zu den recht schönen klaren drei ersten Fraktionen tropfenweise Brom, oder schüttelt man Bromwasser mit wenigen Tropfen der Destillate, so verschwindet

die Farbe des Broms, und es treten farblose oder grünlich gefärbte Öltröpfchen von dem charakteristischen süßlichen Geruch der Bromide ungesättigter Kohlenwasserstoffe auf. Auch Schütteln mit durch Schwefelsäure ganz schwach angesäuerter verdünnter Kaliumpermanganatlösung, die entfärbt wird, kann ebenso wie die Behandlung mit Brom zum Nachweise der ungesättigten Kohlenwasserstoffe dienen. Alle Fraktionen enthalten ungesättigte Kohlenwasserstoffe. Die Trennung der ungesättigten Kohlenwasserstoffe (33%) von den in den Destillaten enthaltenen gesättigten Kohlenwasserstoffen ist bei der kleinen hier in Betracht kommenden Menge schwierig<sup>1</sup>; sie läßt sich besser bei der Untersuchung der gasförmigen Destillationserzeugnisse an diesen durchführen. Es sei noch erwähnt, daß durch längeres Schütteln mit 85%iger Schwefelsäure der verbleibende Rest des Destillates mit einem Gemisch von konzentrierter Salpetersäure und Schwefelsäure deutlichen Nitrobenzolgeruch liefert; womit auch die Anwesenheit von aromatischen Kohlenwasserstoffen im Destillat nachgewiesen ist.

Die Untersuchung der dampf- und gasförmigen Spaltungsprodukte der Paraffinölsplattung wurde in folgender Weise vorgenommen. Man läßt die Gase und Dämpfe unmittelbar aus der Vorlage oder aus dem Gasometer mittels eines Glasrohres durch 1 bis 2 ccm Brom in einem Reagenzglas streichen. In 10 Min. ist das Brom entfärbt, und an seine Stelle sind ölige, schwach grünlich gefärbte Bromide ungesättigter Kohlenwasserstoffe getreten; 3 bis 5 ccm Bromwasser werden schon in 1 Minute entfärbt.

Durch Einleiten der Crackgase in ein zweites Reagenzglas mit ammoniakalischer Kupferoxydlösung erhält man den bekannten roten Niederschlag von Azetylenkupfer und stellt damit Azetylen fest.

Füllt man einen Kolbenprober zu 100 ccm Inhalt zum Teil mit Destillationsgasen, zum Teil mit Paraffinöl, und schüttelt einige Zeit, so lösen sich namentlich die in den Destillationsgasen vorhandenen Dämpfe im Paraffinöl. Der Versuch entspricht der Auswaschung von Leichtölen aus den Schwelgasen der Braunkohlenschwelerei durch Paraffinöl. Die Crackgase der folgenden Versuche rühren von 4 verschiedenen Destillationen her.

Von 85 ccm Gas werden durch 10 ccm Paraffinöl gelöst:	13 ccm = 15,3%
„ 83 „ „ „ „ 10 „ „ „ 10 „ = 12,5%	
„ 87 „ „ „ „ 10 „ „ „ 9 „ = 10,4%	
„ 79 „ „ „ „ 10 „ „ „ 13 „ = 16,4%.	

Die Menge der gelösten Dämpfe, einschließlich wohl sehr geringer Mengen von gelösten Gasen, hängt von recht zahlreichen Faktoren ab, so daß Zahlen, wie die hier mitgeteilten, nichts weiter zeigen sollen, als daß eine Absorption von Dämpfen überhaupt stattfindet. — Das auf diese Weise mit Paraffinöl gewaschene Gas rußt beim Verbrennen nicht mehr so stark wie vor der Waschung mit Paraffinöl.

Dieses von den Dämpfen befreite Gas wird jetzt in einen zweiten Kolbenprober übergeführt, abgemessen, mit Hilfe eines Dreiwegehahnes in eine mit rauchender Schwefelsäure gefüllte Gaspipette gedrückt und bleibt darin bis zur Volumkonstanz (5 bis 10 Min.). Die ungesättigten Kohlenwasserstoffe werden von der rauchenden Schwefelsäure absorbiert.

Von 70 ccm des Gases werden absorbiert	22,5 ccm = 32,1%
„ 60 „ „ „ „ „ 20 „ = 33,3%	
„ 73 „ „ „ „ „ 21 „ = 28,8%.	

Die drei untersuchten Crackgase rühren von drei verschiedenen Destillationen her. Der Gehalt an ungesättigten Kohlenwasserstoffen, zu denen außer dem oben nachgewiesenen Azetylen sicher auch Aethylen gehört, ist also recht erheblich. Das übrigbleibende Gas verbrennt mit leuchtender, aber nicht rußender Flamme. Der mit einer

<sup>1</sup> Die Anleitung zur organischen qualitativen Analyse von HERMANN STAUDINGER, Berlin, Verlag Julius Springer und die Praktische Lösungsmittelanalyse von HANS H. WEBER, Leipzig, Verlag Joh. Ambr. Barth, geben geeignete Anweisungen dazu.

Analyse des Restgases verbundene Zeitaufwand steht in keinem Verhältnis zu dem Beitrag, der dadurch für den vorliegenden Zweck geliefert würde. Eine quantitative Verbrennung im Kolbenprober von MAX SCHMIDT spricht dafür, daß das Restgas aus Kohlenwasserstoffen der Paraffinreihe wohl vom Methan bis zum Propan und Butan besteht und wahrscheinlich auch freien Wasserstoff enthält. Der Versuch macht daher auch die Entstehung von gasförmigen Kohlenwasserstoffen bei der Erdölsplaltung und bei der Erzeugung von Leuna-Benzin verständlich, die in Form von Propan und Butan (als Flüssiggas), in Stahlflaschen verdichtet, in erheblichen Mengen in den Handel kommen; 1938 voraussichtlich 150 000 t.

Aus diesen Versuchen geht deutlich hervor, daß bei der Paraffinölsplaltung aus den hochsiedenden, nichtflüchtigen gesättigten Kohlenwasserstoffen benzinähnliche niedrigsiedende, leicht flüchtige, gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe erhalten werden. Die ungesättigten Kohlenwasserstoffe sind es hauptsächlich, die bei der Hydrierung nach dem Leunaverfahren unter Mitwirkung von Katalysatoren und unter hohem Druck den Wasserstoff anlagern. Die Anlagerungsfähigkeit für Wasserstoff wird bei den hier auftretenden ungesättigten Kohlenwasserstoffen durch die unmittelbare Anlagerung von Brom verständlich gemacht.

Die Stahlwolle im Destillierkolben dient vor allem einer guten und gleichmäßigen Wärmeübertragung von der Glaswand des Kolbens auf das auftropfende Paraffinöl, weiter zur Vergrößerung der Oberfläche des Paraffinöls und zur Verlängerung der Crackdauer. Sehr wahrscheinlich dürfte aber die Stahlwolle die Spaltungs- und sonstigen chemischen Vorgänge auch katalytisch beeinflussen. — Die Menge des im Kolben ausgeschiedenen Kohlenstoffs (Koksbildung) ist gering.

Es ist nicht möglich, im Rahmen einer Versuchsbeschreibung auf die zahlreichen weiteren mit der Kohleverflüssigung zusammenhängenden Dinge einzugehen, die sich an diese Versuchsreihe noch anknüpfen ließen. Es mag nur darauf hingewiesen werden, daß der Versuch schon in 20 Min. so viel Destillat und Gase liefert, daß der benzinartige Charakter des Destillats, d. h. seine Leichtflüssigkeit und Leichtentzündlichkeit und ferner das Vorhandensein von ungesättigten Kohlenwasserstoffen in dem Destillat und im Crackgas, nachgewiesen werden können. Der Versuch ist in dieser Anordnung in erster Linie als Schauversuch gedacht, kann aber auch zahlreiche zeitgemäße Aufgaben für eine ganze Arbeitsgemeinschaft liefern. Die folgende als Schülerversuch gedachte Anordnung liefert schon in 10 Min. ausreichende Stoffmengen zur Feststellung der wesentlichsten Vorgänge beim Cracken.

Man gibt 3 bis 5 ccm Paraffinöl in ein dickwandiges, schwer schmelzbares Reagenzglas und packt dieses über dem Paraffinöl dicht voll Stahlwolle, doch so, daß diese nicht bis an den aufzusetzenden durchbohrten Kork heranreicht. In die Bohrung des Korkes steckt man ein nicht zu enges, etwa in dem Winkel  $140^\circ$  gebogenes Glasrohr, das durch einen durchbohrten Kork bis etwa 3 cm vom Boden eines als Vorlage dienenden Reagenzglases mit seitlichem Rohransatz reicht. Man spannt die Vorlage so in ein Stativ ein, daß das Reagenzglas mit dem Paraffinöl fast horizontal in der Luft schwebt, d. h. nur etwa den Winkel  $15^\circ$  mit der Horizontalen bildet. Nachdem man eine Asbestplatte untergelegt hat, wärmt man das Reagenzglas mit der Stahlwolle an, setzt eine Bunsenflamme unter die Mitte der Stahlwolle und erwärmt dann mit einer zweiten Bunsenflamme das Paraffinöl am oberen Ende, wo dessen Schicht am dünnsten ist. Wollte man das Reagenzglas mit Paraffinöl aufrecht stellen, dann bekäme man die schweren Dämpfe des Paraffinöls kaum zwischen die Stahlwolle hinauf. Auf das Ansatzrohr der Vorlage setzt man ein Schutzröhrchen, an dem man die Crackgase anzünden kann. Das dickwandige Glasrohr kann zu dem gleichen Versuche wiederholt Verwendung finden, wenn es nach Beendigung des Versuches langsam abgekühlt wird. 1 ccm Destillat genügt schon zum Nachweise der leichten Entzündbarkeit; das Vorhandensein ungesättigter Kohlenwasserstoffe im Crackgas und im Destillat läßt sich durch Entfärbung von Bromwasser zeigen.

**Versuche zur Löslichkeit des Wasserstoffs in Eisen.**

Von Dr. W. Albach in Michelstadt.

In einer Mitteilung von P. BARDENHEUER<sup>1</sup> finden sich Angaben über die Bedeutung der Löslichkeit des Wasserstoffs in Stahl; dieser im Stahl gelöste Wasserstoff verursacht Werkstoffehler, Zerstörung des Stahlgefüges bei der Verarbeitung und Herabsetzung des Formänderungsvermögens. Wasserstoff, der atomar (in statu nascendi) und molekular bei normaler und weit mehr bei erhöhter Temperatur mit Eisen in Berührung kommt, wird in großer Menge aufgelöst und nur langsam wieder abgegeben. Trifft der atomare Wasserstoff im Stahlinnern auf Fehlerstellen (Haarrisse), auf Spalten an den Korngrenzen oder auf nichtmetallische Einschlüsse, so wird er dort molekular und sammelt sich in Drücken bis über 300 Atm an. Die Bedeutung einer derartigen Gasansammlung für die Güte des Werkstoffes braucht hier nicht weiter erörtert zu werden, zumal wenn man bedenkt, daß dem molekularen Wasserstoff das Entweichen so gut wie unmöglich ist.

Durch BARDENHEUERS Mitteilung wurde der Verfasser des vorliegenden Beitrages zu einigen Versuchen angeregt, die sich leicht im Unterricht ausführen lassen und weiterhin als Beispiele für die Löslichkeit eines Gases in einem Metall dienen können. Hierzu waren seither nur spärliche Angaben in den Lehrbüchern für Platin und Palladium vorhanden, und diese konnten in Versuchen nicht erwiesen werden.

Versuch 1. Eine Rasierklinge oder ein Stück Stahlband wird in 20%ige Salzsäure gestellt. Nach 3 Minuten bringt man das Stahlstück in ein Becherglas mit Wasser von 95° C. Man beobachtet eine sofort einsetzende heftige Wasserstoffentwicklung. Der atomare Wasserstoff war im Stahl gelöst und entweicht bei der hohen Temperatur 95°.

Versuch 2. Das Stahlstück wird nach der Salzsäurebehandlung abgespült, sorgfältig getrocknet und nach Stunden in das heiße Wasser gebracht. Der Wasserstoff, der im Stahl gelöst geblieben ist, entweicht erst jetzt.

Versuch 3. Das Stahlstück wird nach der Salzsäurebehandlung ausgeglüht. Sein Wasserstoffgehalt ist verschwunden. Nachweis wie bei Versuch 1.

Versuch 4. Das Stahlstück kommt als Kathode in eine Flüssigkeit, wie angesäuertes Wasser, Kalilauge oder Natriumsulfatlösung. Der daran entstehende Wasserstoff löst sich z. T. darin auf. Nachweis wie bei Versuch 1.

Versuch 5. Das Stahlstück kommt in ein Glas- oder Porzellanrohr und wird im Wasserstoffstrom geglüht. Auch der molekulare Wasserstoff ist im Stahl löslich. Nachweis wie bei Versuch 1.

Versuch 6. Dieselben Versuche wurden mit anderen Metallen angestellt. Es ließ sich Wasserstoff z. B. in Nickel und Zink auflösen, nicht in Kupfer.

Versuch 7. Taucht man ein Stahl-, Nickel- oder Eisenblechstück mit einem gleichen, wasserstoffhaltigen Blech in schwach elektrolythaltiges Wasser, so ist das wasserstoffhaltige dem anderen gegenüber stark elektropositiv und erzeugt einen kräftigen Ausschlag am Galvanoskop.

Versuch 8. Die in einem Stahlband (12 × 1,5 × 0,2 cm) aufgelöste Wasserstoffmenge wurde nach dem Austreiben mit kochendem Wasser in der Gasbürette gemessen. Der nur roh durchgeführte Versuch ergab 7 ccm Wasserstoff. Der Wasserstoff kann mit der äquivalenten Menge Sauerstoff gemischt und das Knallgas nachher entzündet werden.

<sup>1</sup> P. BARDENHEUER: Die zerstörende Wirkung des Wasserstoffs im Stahl. Umschau 42 (1938), Heft 13, S. 280.

## Für die Praxis.

**Ein einfacher Schauversuch zur Linsenoptik.** Von E. Rumpf in Graz. —

Eine Hohllinse, wie sie von den verschiedenen Lehrmittelfirmen geliefert wird — zwei verkittete Uhrgläser, 10,5 cm Durchmesser, 3 cm dick —, wird zur Hälfte mit gefärbtem Wasser (blau) und zur Hälfte mit Benzol (gelblich) gefüllt. Der Einfluß der beiden Brechungsindizes von Wasser (1,3) und Benzol (1,5) zeigt sich dadurch, daß eine solche Linse zwei räumlich gut getrennte reelle Bilder eines hell beleuchteten Gegenstandes liefert, von denen das eine gelblich, das andere blau ist, wobei es vorteilhaft ist, die jeweils unverwendete Linsenhälfte abzudecken.

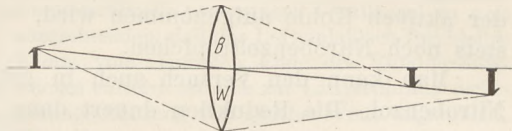


Abbildung durch eine mit zwei verschiedenen Flüssigkeiten (B: Benzol, W: Wasser) gefüllte Hohllinse.

Als „Gegenstand“ für dergleichen Versuche verwende ich gerne eine schwarze Eins (etwa 3 cm hoch) auf Opalglas oder weißem Zelluloid, von hinten grell beleuchtet<sup>1</sup>; das Bild wird auf einem durchscheinenden Seidenpapierschirm aufgefangen und gleichfalls in Durchsicht beobachtet, so daß die Zuseher gleichzeitig Gegenstand, Linse und Bild betrachten können (siehe die Figur).

**Die Darstellung von Anilin im Kleinversuch.** Von Dr. W. Flörke in Gießen. —

Die Reduktion des Nitrobenzols durch naszierenden Wasserstoff zu Anilin erfordert ein längeres Schütteln der reagierenden Substanzen, weil wegen der Unlöslichkeit des Nitrobenzols in der Salzsäure die Reaktion immer nur an der Oberfläche der Nitrobenzoltropfen erfolgt. Will man in einer Unterrichtsstunde die Reduktion durchführen, so erreicht man unbefriedigende Ergebnisse, wenn man einfach die übliche Laboratoriumsmethode anwendet und nur kleinere Mengen nimmt. In kurzer Zeit erhält man aber auch bei kleinen Mengen genügend Anilin in reiner Form, wenn man auf folgende Weise verfährt.

Man bringt in ein kleines Rundkölbchen 2 g gekörnte aktive Kohle (Gasmaskenkohle). Darauf gießt man 1 ccm Nitrobenzol, das von der Kohle vollständig aufgesaugt werden soll, so daß die Kohle nicht naß erscheint. Dann fügt man 2 g Zinkstaub hinzu und verteilt ihn auf den Kohlekörnern durch Schütteln. Im Verlaufe von etwa 10 Minuten gibt man in kleinen Anteilen die erforderliche Menge verdünnte Salzsäure hinzu, wobei sich der Kolbeninhalt stark erwärmt. Nach der Säurezugabe schüttelt man um und läßt stehen, bis die Gasentwicklung nachläßt. Dann gibt man weitere Säure hinzu. Ist alles Zink verbraucht, so filtriert man ab. Das Filtrat versetzt man mit Natronlauge, bis der entstehende Zinkhydroxydniederschlag sich wieder gelöst hat. Die Flüssigkeit bleibt von ausgeschiedenem Anilin schwach getrübt. Man überschichtet mit Äther, schüttelt durch und hebert die ätherische Lösung ab. Läßt man sie in einem Uhrglas verdunsten, so bleiben einige ölige Tropfen darauf zurück. Sie zeigen deutlich den Geruch des Anilins und lösen sich in ein paar Tropfen Salzsäure auf. Aus der Lösung fällt bei Zugabe von wenig Natronlauge das Anilin wieder aus. Auch kann man das salzsaure Anilin auf Holz einwirken lassen, das gelb gefärbt wird. Bildung und Löslichkeit des salzsauren Salzes sowie Geruch und Unlöslichkeit in Wasser dürften zum Nachweise, daß tatsächlich Anilin entstanden ist, genügen. Andernfalls müßte man noch die Reaktion mit konz. Schwefelsäure und die Azetanilidbildung durchführen, was mit der erhaltenen Menge ebenfalls unschwer möglich ist.

Die aktive Kohle adsorbiert das Nitrobenzol, wie die Wärmeentwicklung zeigt, die deutlich wird, wenn man etwas mehr (5 ccm) nimmt. Das Nitrobenzol wird auf eine große Oberfläche verteilt, so daß die Reaktion rascher erfolgt. Möglich ist, daß

<sup>1</sup> Es eignet sich wohl auch die Lämpcheneins nach W. VOLKMANN, diese Zeitschr. 36, 26 (1923).

dazu noch eine katalytische Wirkung kommt. Die Kohle hat weiterhin die Bedeutung, daß sie etwa noch nicht reduziertes Nitrobenzol festhält, so daß dieses nicht in die ätherische Lösung übergeht und durch seinen intensiven Geruch den Anilinnachweis unmöglich macht. Nimmt man etwas zu viel Nitrobenzol, so daß es nicht restlos von der aktiven Kohle aufgenommen wird, so erhält man beim Eindunsten der Lösung stets noch Nitrobenzoltröpfchen.

Man kann den Versuch auch in größerem Maßstabe machen, etwa mit 5 cm Nitrobenzol. Die Reduktion dauert dann etwas länger, nämlich 20 bis 30 Minuten. Ich erhielt bei Verwendung von 7 g Nitrobenzol schließlich 2 g Anilin.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Herstellung eines Strömungskanals nach A. KREBS.** Von H. MANN in Langen (Hessen).

Im 46. Bande dieser Zeitschrift (1933), S. 66f., beschreibt A. KREBS einen Wasserströmungskanal für Vertikalprojektion. Die verhältnismäßig einfache Bauweise ist so ansprechend, daß ich mich an einen Nachbau heranwagte. Dabei ergaben sich eine Reihe empfehlenswerter Abänderungen, die nachstehend beschrieben werden sollen.

1. Die Strömungswanne. In der Bauanweisung nach KREBS werden zwei Glasplatten mittels Messingrahmen gegen Hartgummidistanzstücke gepreßt. Zum verlässlichen Dichten sind dünne Weichgummischeiben zwischen Glas und Hartgummi gelegt. Wegen der Lichtbeständigkeit wählte ich an Stelle des zuletzt genannten Stoffes Trolit. Andere Kunstharze, wie Bakelit, Galalit usw. wären wohl ebenso brauchbar gewesen. Nun haben alle Kunstharze und auch Hartgummi den Nachteil, daß sie nie völlig plan hergestellt werden können, bzw. später so erhalten bleiben. Andererseits erfordert eine sichere Dichtung ein gutes Anziehen der Halteschrauben des Messingrahmens. Dabei kam es dreimal vor, daß die Glasplatten, die sicher nicht ganz spannungsfrei eingebaut waren, schon sofort oder sehr bald nach Gebrauch Sprünge erhielten und ausgewechselt werden mußten. Dieses Übel war erst grundlegend beseitigt, als an Stelle des Distanzstückes aus Trolit ein solches aus Weichgummi trat. Das Material erhielt ich bei Schmidt & Wiechmann in Frankfurt a. M., Neue Mainzer Straße. Es wird zu Dichtungsscheiben in Ventilen verwandt und ist von mittlerer Härte. Darum läßt es sich vorzüglich bohren, feilen und sägen und legt sich trotzdem gut an die Glasplatten an, so daß die dünnen Dichtungsscheibchen der KREBSschen Anordnung überflüssig werden. Die Mittelhärte des Gummis ist ferner deshalb nötig, weil sich sonst die Bohrungen für den Lufteinlaß beim Einbau in den Messingrahmen zusammendrücken. Der beschriebene Bau ist denkbar einfach, die Dichtung ist einwandfrei, die Glasplatten sind spannungsfrei, der Lufteinlaß ist nicht behindert.

2. Die Profilkörper. Nach dem Vorgange von R. W. POHL empfiehlt KREBS, die Profile an dünnen Drähtchen aufzuhängen. Das ist unbequem.

Ich habe die zu umströmenden Körper aus Trolit ausgesägt, das ein wenig dünner ist als der lichte Raum zwischen den Glasplatten des Troges (nötigenfalls abfeilen!). Damit das Profil zwischen den Platten haften, wurde jedes etwa in seinem Schwerpunkt durchbohrt (Fig. 1). In das Bohrloch von etwa 3 mm Durchmesser wurde ein Stück Rundgummi stramm eingepaßt und zu beiden Seiten mit einem scharfen Rasiermesser abgeschnitten. Der entstehende kleine Bart dieses



Fig. 1. Profil aus Trolit.

weichen Rundgummis ist nötig, wenn das Profil zuverlässig zwischen den Glasplatten haften soll. Diesen Rundgummi, der auch zu Dichtungen gebraucht wird, erhält man ebenfalls bei Schmidt & Wiechmann. Ein 10 cm langes Stück reicht aus. Mit einem kleinen Drahthaken der in Fig. 2 angegebenen Form werden die Profile bequem an ihre Stelle im Umlaufkanal geschoben und ebenso leicht nach vollendetem Versuch wieder entfernt. Man könnte auf den Gedanken kommen, die Profile aus dem gleichen Weichgummi zu sägen, wie er bei dem Trog als Distanzstück verwendet wurde. Das ist deshalb nicht praktisch, weil diese Körper zu viel Reibung mit den Glasplatten haben und sich nur sehr schwer verschieben lassen. LEYBOLD verwendet für seinen großen Wasserströmungskanal nach EICKE mit Schwammgummi beklebte Profile.



Fig. 2. Drahthaken zum Einstellen der Profile.

3. Die strömende Flüssigkeit. Nach den Vorschlägen von POHL und KREBS verwandte ich zuerst entfettetes Aluminiumpulver, das in ausgekochtem Wasser suspendiert war. Das Aufkochen des Wassers darf nicht vergessen werden, sonst stört die freiwerdende Luft das Projektionsbild empfindlich. Die erhaltenen Bilder befriedigten nicht, weil sie zu verschmiert und dunkel waren und die Stromlinien schlecht in Erscheinung treten ließen. Ich erprobte eine Reihe Aufschwemmungen (entfettete Metallpulver, verschiedene Holz- und Korkmehle usw.) und fand als am besten geeignet Korkpulver 00, das 2 bis 3 Stunden etwas aufquoll.



Jetzt entstanden helle Bilder, welche die Stromlinien und Wirbel so deutlich hervortreten ließen, daß die Strömungswanne mit ihren kostspieligen Schwestern der Lehrmittelfirmen erfolgreich wett-eifern konnte.

4. Der Strömungsantrieb. Ein schwieriger Punkt der Strömungswanne nach KREBS blieb der Antrieb der strömenden Flüssigkeit. Ursprünglich verwendete ich eine zufällig vorhandene Sauerstoffflasche. Doch war mir der entnommene Sauerstoff zu kostbar. Außerdem standen die in der Bombe vorhandenen Drucke in einem Mißverhältnis zu den für den Umlaufkanal nötigen. Auch ist nicht jeder im Besitz eines komprimierten Gases. Die Verwendung eines Föhns empfiehlt sich nicht wegen der zu großen Luftmengen und des zu starken Druckes. Ein Ballgebläse zu nehmen, wie es die Zerstäuber der Friseurie besitzen, ist zwar einfach und geschieht auch von Kohl in Chemnitz, der den KREBSschen Kanal für 90 RM in den Handel bringt. Allein ein solches Handgebläse hat folgende Nachteile: 1. Der Lehrer ist an das Gerät gebunden und kann nicht an den Projektions-schirm treten, um die Strömungserscheinungen zu erklären; 2. das Gebläse ändert zu rasch seinen Luftdruck. Deshalb nahm ich einen alten, aber noch dichten Motorrad- oder Radschlauch als Luftbehälter. Mit einem besonderen Dreiwegehahn kann Luft sowohl in den Kanal geblasen, als auch mit der Pumpe in den Schlauch gebracht werden.

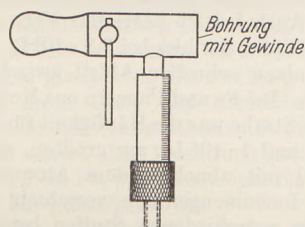


Fig. 3. Dreiwegehahn.

Den Dreiwegehahn (Fig. 3) stellt man in folgender Weise her.

Ein Stück Rundmessing von 10 mm Durchmesser und 40 mm Länge erhält eine Längsbohrung

von etwa 2 mm. An das eine Ende wird eine Rohrolive gearbeitet. Das entgegengesetzte Ende erhält ein solches Gewinde in der Bohrung, daß sich ein Fahrradschlauch mit seinem Ventil anschrauben läßt. Man darf jedoch nicht versäumen, den Gummischlauch von seinem Ventilkegel so weit abzuschneiden, daß das Lufteinlaßloch frei bleibt. 10 mm vom stumpfen Ende des Rundmessingstückes entfernt ist eine zur Längsbohrung rechtwinklige Bohrung von gleicher Weite angebracht, über die ein normales Fahrradventil gelötet ist. In 20 mm Abstand vom stumpfen Ende des Rundmessingstückes sitzt ein Hahnküken mit einer Bohrung in Richtung des Hebelgriffes. Die Stange am Hahnküken ist deshalb so lang, damit man den Luftstrom genügend fein abregeln kann. Beim Gebrauche verbinden wir die Rohrolive des Hahns durch einen Gummischlauch mit der des Strömungskanals. Befindet sich das Hahnküken in der Stellung, die in der Fig. 3 gezeichnet ist, so ist der Weg: Fahrradschlauch — Strömungskanal gesperrt. Jetzt können wir durch das seitlich angelötete Ventil mittels einer Luftpumpe Luft in den Fahrradschlauch pumpen. Drehen wir nun vorsichtig das Hebelchen am Hahnküken in Richtung des Rundmessingstückes, so wird der Luftweg vom Fahrradschlauche zum Strömungskanal mehr und mehr frei. Durch stärkeres oder schwächeres Aufdrehen läßt sich die Strömungsgeschwindigkeit in weiten Grenzen regeln. Drücken wir den Schlauch nach dem Strömungskanal mit den Fingern zusammen und geben ihn dann frei, so sind die Anfahrwirbel sehr schön zu studieren.

Hiernach ist leicht einzusehen, warum der Gummi am Ventilkegel des Fahrradschlauches bis über den Lufteinlaß weggeschnitten werden muß. Blicke der Gummi so, wie es beim Gebrauch am Fahrrad üblich ist, über dem Lufteinlaß, so könnten wir zwar Luft einpumpen, aber der Weg zum Troge wäre gesperrt. Der kleine, auf dem Ventilkegel sitzende Gummiring hat nur den Zweck, gegen die Überwurfmutter des Ventils abzudichten. Den Weg zur Außenluft sperrt das am Rundmessing seitlich angelötete Ventil.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

Über neuere Untersuchungen auf dem Gebiete der kosmischen Ultrastrahlung. IV.<sup>1</sup> Von R. PYRKOSCH in Breslau.

Zählrohrversuche zur Untersuchung der Zunahme der Ultrastrahlung und Schauerhäufigkeit mit der Höhe über dem Meeresspiegel sind von H. J. BRADDICK und C. W. GILBERT mit Benutzung eines Flugzeugs ausgeführt worden (1). Dazu wurden zwei unabhängige Gruppen von je 3 Zählrohren mit dem üblichen Verstärkerstromkreis gebraucht. Die Zählrohre konnten übereinander oder im Dreikant angeordnet werden, je nachdem die senkrechte Strahlung oder Schauerhäufigkeit durch die Koinzidenzzahl zu messen

<sup>1</sup> Berichte I bis III s. diese Zeitschrift 51, 76; 117; 168 (1938).

waren. Die Koinzidenzen wurden durch Telephon-zähler aufgezeichnet, die in gleichen Zeitabschnitten zusammen mit einer Uhr und einem Trockenbarometer abgebildet wurden. Der Apparat war auf dem offenen Beobachtersitz des Flugzeugs in einem doppelwandigen Al-Gehäuse untergebracht und mit künstlicher Heizung versehen. Für gewöhnlich dauerte ein Flug rund 2 Stunden, und 45 bis 60 Min davon wurden in 30 000 Fuß Höhe zugebracht. Dabei hatte der Flieger alle 5 Min auf den Knopf zu drücken, der die Lichtbildkamera betätigte. Nach der Landung wurden die Filme entwickelt und die Koinzidenzzahlen der beiden Zählrohrgruppen erhalten.

Ein Flug, bei dem die Rohre übereinander lagen, ergab zwischen Seehöhe und etwa 9 km Höhe eine

16fache Verstärkung der senkrechten Strahlung in guter Übereinstimmung mit den Ballonaufstiegen von REGENER. Wurden zwischen die Rohre zwei Pb-Platten von 1,5 cm Dicke gebracht, um die senkrechte Strahlung mit 3 cm Pb zu filtern, so war das Verhältnis dieser Strahlung in einer Höhe entsprechend 220 mm Hg zu der in Seehöhe gleich 9,1 gegenüber 19,5 bei ungefilterter Strahlung. Dieses Ergebnis stimmt mit denen von ROSSI, AUGER und LEPRINCE-RINGUET überein, daß der weiche Anteil der Ultrastrahlung, der in wenigen Zentimetern Pb absorbiert wird, von ungefähr 20% aller Teilchen in Seehöhe auf fast 50% in der Höhe anwächst, die einem Luftdruck von rund 500 mm Hg entspricht, während seine Absorption in größeren Höhen zwischen den Berg- und Flugzeugversuchen gering ist, wie bereits MOTT SMITH und HOWELL mit der Ionisationskammer bei ihren Flugzeugmessungen gefunden hatten (2).

Der Anstieg der Schauerhäufigkeit mit der Höhe wurde untersucht, indem die beiden Zählrohrgruppen im Dreikant mit einer Pb-Platte von 1,6 cm Dicke über ihm angeordnet wurden. Das Verhältnis der Koinzidenzzahlen in der Höhe von 220 mm Hg und in Seehöhe war 57, also viel größer als das der senkrechten Strahlungsstärken entsprechend den Ergebnissen anderer Forscher. Anstatt der Pb-Platte von 1,6 cm Dicke wurden auch dünnere und dickere verwandt, wobei sich zeigte, daß die größte Schauerhäufigkeit nicht weit von 1,6 cm Pb wie in Seehöhe stattfindet. Die Vermutung von ROSSI, daß die Schauerhäufigkeit in demselben Verhältnis zunimmt wie der weiche Strahlungsbestandteil, konnte mit den Flugzeugergebnissen geprüft werden. Das Verhältnis der Stärke des letzteren in der Höhe von 220 mm Hg zu der in Seehöhe ergab sich zu 75, das der Häufigkeiten der Schauer aus 1,6 cm Pb zu 55, so daß der Unterschied zwar erheblich ist, aber die Fehlergrenzen nicht übersteigen dürfte.

Von W. MESSERSCHMIDT sind jüngst die Ergebnisse der Untersuchungen veröffentlicht worden, die er von 1933—1936 in Halle über die Hoffmannstöße angestellt hat (3). Er benutzte dazu 2 Ionisationskammern von 24,5 l Inhalt, 25 cm Durchmesser und 65 cm Länge, die mit Preßluft von 26 Atm Druck gefüllt waren. Die beiden Ionisationsströme wurden selbsttätig elektrisch ausgeglichen und ihre Stärken von Einfadenelektrometern aufgezeichnet, die mit je einer stabförmigen Elektrode in den Mitten der Kammern verbunden waren. Die Wandspannung betrug 600 Volt und ließ die bei einem Stoß gebildeten Ionen sich in 6 Sek abscheiden. Der Elektrometerfaden stellte sich in etwa 1 Sek ein, und die Aufzeichnungsgeschwindigkeit gestattete, noch Stöße mit  $1,5 \cdot 10^6$  Ip. (Ionenpaaren) von der allgemeinen Ionisation zu trennen. Der Apparat war in einem Bodenraum unter dünnem Holzdach möglichst weit von den Wänden aufgestellt und wurde durch einen regelbaren Gasofen auf gleichbleibender Temperatur erhalten. Die Kammern waren aufrecht gestellt, da das Legen von zylindrischen Kammern zwar die Ausbeute an großen Stößen

erhöhe, aber wegen der Verkleinerung des Luftwegs die kleinen leichter der Beobachtung entgehen lasse.

Die Beobachtungen wurden bei jeder Meßreihe so lange fortgesetzt, bis etwa 240 Stunden einwandfreier Aufzeichnung vorlagen. Dabei wurde besonders auf guten Stromausgleich, scharfe Abbildung des Elektrometerfadens und gleichbleibende Empfindlichkeit von  $0,5 \cdot 10^6$  Ip. je Millimeter Ausschlag geachtet. Zweck der Messungen war, die Häufigkeitsverteilungen der Stöße verschiedener Größe für allseitige Panzer der Kammern aus Al, Pb, Fe und Kohle festzustellen. Für die Panzerung mit Al waren 1000 kg von dem Aluminiumwerk in Bitterfeld in Form von Ziegeln zur Verfügung gestellt worden. Die in der üblichen Weise als Treppenvieleck dargestellte Häufigkeitsverteilung ergab für Al einen Gipfel für die Abszisse  $2 \cdot 10^6$  Ip. und erwies sich der Gestalt nach von der Panzerdicke als unabhängig. Mit wachsender Panzerstärke nahmen die Häufigkeiten auch der größten Stöße bis zu der größten angewandten von 30 cm zu, wie schon NIE sogar bis zu 50 cm gefunden hatte (4). Ebenso waren wie bei NIE die Verteilungsvielecke mit Pb als Panzer bei verschiedenen Dicken einander gleich, doch sinkt hier die Stoßhäufigkeit schon von 5 cm Panzerdicke an, so daß das Gleichgewicht zwischen Stoßerzeugung und Stoßabsorption bei einem Stoffe mit hohem Atomgewicht schneller erreicht wird als bei einem Stoffe mit niedrigem Atomgewicht. Auch bei Pb hatte das Verteilungsvieleck einen Gipfel, der hier bei  $3,8 \cdot 10^6$  Ip. im Mittel lag, und einen schroffen Abfall zwischen 4 und  $4,5 \cdot 10^6$  Ip. Bei Fe und Panzern aus Kohlebricketts von 20 cm Stärke war die Häufigkeit für Stöße mit  $3 \cdot 10^6$  Ip. und  $1 \cdot 10^6$  Ip. am größten, so daß sich der Gipfel mit abnehmendem Atomgewicht zu kleineren Ionenmengen hin verschiebt. Wurden Panzer aus verschiedenen Stoffen benutzt, z. B. ein innerer aus 9 cm Al und ein äußerer aus 10 cm Pb, so war bei der Häufigkeitsverteilung deutlich sowohl der Höchstwert von Al bei  $2 \cdot 10^6$  Ip. und der kleinere von Pb bei  $3,5 \cdot 10^6$  Ip. zu erkennen.

Im Gegensatz zu der heute überwiegenden Ansicht, daß zwischen Schauern und Stößen kein wesentlicher Unterschied bestehe, vermag der Verfasser seine Ergebnisse nicht im Sinne des stetigen Übergangs der einen Erscheinung in die andere zu deuten. Wenn ein solcher angenommen wird, könnten, da die Ionisationskammer erst den Durchgang von 20 Elektronen ab anzeige, Elektronen garben bis zu 20 Strahlen als Schauer, von da an als Stöße betrachtet werden. Für die Beobachtung der ersteren sei man auf Nebelkammern angewiesen, und um die in diesen erzeugten Ionenmengen festzustellen, sei vor allem die Kenntnis der spezifischen Ionisation der Schauerteilchen nötig. Als untere Grenze für sie werden 50 Ip., als obere 100 je Zentimeter Normalluft angenommen. Die von einem Elektron in den benutzten Kammern hervorgebrachte Ionenmenge beträgt dann 36 000—72 000 Ip., indem noch die mittlere Bahnlänge in der Kammer und der Druck in ihr berücksichtigt werden. Zur Darstellung der

Schauerverteilung wird nun eine von ANDERSON aus mehreren 1000 Aufnahmen entnommene Übersicht von Farben bis zu 20 Strahlen verwandt (5) und je eine Kurve für die beiden spezifischen Ionisationen hergestellt. Für die Wiedergabe der Stoßverteilung werden die Messungen des Verfassers mit der 5 cm Pb-Panzerung benutzt. Beide Schauerverteilungskurven schließen sich aber so schlecht an die der Stoßverteilung an, daß für die Entstehung der Stöße ein anderer Vorgang als für die der Schauer anzunehmen sei, wie auch schon durch das Auftreten der Höchstwerte bei den Häufigkeitsverteilungen nahe gelegt werde. Denn die größte Häufigkeit z. B. für Pb bei  $3,8 \cdot 10^6$  Ip. könne nicht etwa dadurch erklärt werden, daß man kleinere Stöße leicht übersieht, denn noch Stöße von weniger als  $3 \cdot 10^6$  Ip. werden auf den Registrierstreifen durch Lücken von 6 und 7 mm Höhe gekennzeichnet.

Wie NIE und die MONTGOMERYS (6) hat auch der Verfasser Versuche mit einer Doppelkammer ausgeführt, um die Absorption, im besonderen die Reichweite der Schauer- und Stoßteilchen in Blei zu untersuchen. Zu diesem Zwecke wurden die beiden Ionisationskammern zu einer einzigen von 1,35 m Länge vereinigt, indem die Hauben von ihren Grundplatten abgenommen und gegeneinander an einen Stahlring angeschraubt wurden. Die in der Achse verlaufenden und mit den Elektrometern verbundenen Ionenauffänger mußten von der Seite her isoliert eingeführt werden. Zwischen die beiden Kammerhälften ließen sich Pb-Bleche bis zu 5 cm Dicke einsetzen. Die beiden Elektrometer wurden gleichzeitig alle 20 Min geerdet und zeichneten ihren Gang auf demselben Photostreifen auf, so daß zusammenfallende Stöße leicht aufzufinden waren. Die Panzerung betrug unten 20 und oben 5 cm Pb, weil diese Dicke für die Stoß-erzeugung am günstigsten ist.

Es wurden 4 Meßreihen mit den Bleidicken 0; 0,5; 2 und 5 cm zwischen den beiden Kammern ausgeführt. Die Stoßhäufigkeit in der unteren änderte sich durch das Einbringen der Pb-Bleche fast gar nicht, woraus geschlossen wird, daß diese nur als Absorber für die von oben eintretenden Stöße wirkt und für die Erzeugung neuer Stöße nicht mehr in Betracht kommt. (Vgl. dazu die entsprechende Darstellung der MONTGOMERYS.) Die Zahl der Koinzidenzen ist gering. Z. B. war die Stoßzahl ohne Absorber je Stunde oben 0,72, unten 0,61 und die Zahl der Koinzidenzen 0,16; mit dem Absorber von 5 cm Pb waren die entsprechenden Zahlen 0,68; 0,57 und 0,06. Die Seltenheit der Koinzidenzen rühre daher, daß viele Stöße die lange Kammer schräg durchsetzen und schon eine mittlere Abweichung der Strahlen eines Stoßes in der oberen Kammer um 10% von der Senkrechten seinen Eintritt in die untere verhindern. Da trotzdem in dieser verhältnismäßig viele Stöße vorkommen, müßten diese zumeist in den seitlichen Kammerwänden entstehen, denn das Füllgas käme nach früheren Versuchen des Verfassers für eine Stoß-erzeugung nicht in Frage.

Trägt man die Logarithmen der Koinzidenzzahlen je Stunde als Ordinaten gegen die ent-

sprechenden 4 Absorberdicken als Abszissen auf, so liegen die 4 erhaltenen Punkte auf einer Geraden. Daraus wird gefolgert, daß die Absorption bis zu 5 cm Pb exponentiell ist mit einer Halbwertsdicke von 3,5 cm, die einer mittleren Reichweite der Stoßteilchen von etwa 5 cm in Pb entspricht. Zu demselben Ergebnis war NIE gekommen; dagegen haben die MONTGOMERYS mit einer größeren Doppelkammer und für größere Stöße eine Reichweite von 11 cm in Pb erhalten.

Auf Grund von früheren Messungen findet der Verfasser den Einfluß des Luftdrucks auf die Stoßhäufigkeit gleich etwa —2% je Millimeter Hg, also 10- bis 20mal so groß wie bei der Ultrastrahlung selbst. Die Erklärung durch die Annahme, daß die Stöße durch einen weichen Bestandteil der Ultrastrahlung verursacht würden, sei schon deswegen hinfällig, weil Stöße in erheblichen Wasser- und Erdtiefen beobachtet worden sind; vielmehr sei ihre Erzeugung dem harten Anteil der Strahlung mit Energien von  $10^{10}$  bis  $10^{11}$  eVolt zuzuschreiben, während für die Auslösung von Schauern Strahlen bis zu etwa  $10^8$  eVolt in Betracht kämen. Der Barometereffekt der Stöße sei überhaupt wahrscheinlich keine Absorptionswirkung, aber vielleicht auf den Wassergehalt der Luft zurückzuführen. Zur Prüfung wurde die Kammer allseitig mit 5 cm Pb umgeben und über ihr ein Trog mit veränderlichem Wasserinhalt angebracht. Dann stieg die Stoßhäufigkeit bis zu einer Schicht von 2 cm  $H_2O$  auf das 1,2fache des Wertes bei 0 cm  $H_2O$  an, fiel dann wieder ab und betrug bei 10 cm  $H_2O$  noch das 0,8fache des Anfangswertes. Der Einfluß war besonders groß bei kleineren Stößen bis zu  $3 \cdot 10^6$  Ip. In der Tat nehme auch die Stoßhäufigkeit mit der Tagesregenmenge zu.

Mit einem Apparat der Art, wie sie von DOAN benutzt worden sind (7), haben D. HEYWORTH und R. D. BENNETT die Häufigkeitsverteilung der Stöße von mehr als  $15 \cdot 10^6$  Ip. in Seehöhe untersucht, im besonderen ihre Abhängigkeit von der Art und Stärke der Panzerung und ihrem Abstand von der Ionisationskammer (8). Es wird daran erinnert, daß die kugelige Kammer aus 1,6 cm dickem Stahl für gewöhnlich von einem Bleischrotpanzer umgeben ist, der 10,7 cm einheitlichem Pb gleichkommt. Der zur Aufnahme des Schrots bestimmte Mantel der Kammer kann bis zu jeder Höhe mit ihm gefüllt werden. Es wurden 3 Grade der Füllung benutzt: volle Panzerung,  $\frac{3}{4}$ -Panzerung, bei der das Schrot bis zum Scheitel der Kammer reichte, und halbe Panzerung, bei der die obere Hälfte des Schrots und die es bedeckende Kappe der Mantelwand abgenommen sind. Dabei ergab sich, wie schon DOAN gefunden hatte, daß die Häufigkeiten aller Stoßgrößen bei  $\frac{3}{4}$ -Panzerung größer waren als bei voller und halber. Ferner wurde der Einfluß von Bauwerk auf den Apparat untersucht, indem dieser mit halber Panzerung in zwei verschiedenen Gebäuden aufgestellt wurde. In dem ersten hatte er über und um sich 8 Stockwerke aus Zement und Stahl, während das zweite ein leichter Rahmenbau mit dünnem Holzdach war. In dem ersten war die nächste Masse über

dem Apparat ein etwa 5 m entfernter Zementflur, von dem aus Stöße aller Größen zu erwarten waren, die in dem leichten Bau fast fehlen sollten. In der Tat war die Stoßzahl am ersten Ort erheblich größer als an dem andern, aber nur bei den kleinsten in Betracht kommenden Stößen, während bei den größeren kaum ein Unterschied zu bemerken war. Zur Erklärung wird angenommen, daß auch bei einem großen Stoß sich die Strahlen von dem Flur bis zum Apparat unter ihm so stark ausbreiten, daß letzterer nur einen verhältnismäßig kleinen Teil von ihnen aufnimmt. Es komme also wesentlich auf die Entfernung der Stoßquelle von der Ionisationskammer an.

Nachdem in einer langen Meßreihe die natürliche Häufigkeitsverteilung der Stöße mit halbganzpanzter Kammer in dem leichten Bau bestimmt worden war, wurde der Einfluß von Massen unmittelbar über der Kammer untersucht, wozu 23 kg Pb in Schrotbeuteln und ein ebenso schwerer Paraffinwürfel verwendet wurden. Während durch das Paraffin die Häufigkeitsverteilung wenig berührt wurde, nahm mit dem Pb die Häufigkeit aller Stoßgrößen bedeutend und annähernd in demselben Maße zu. Aber auch bei dem Paraffin treten große Stöße hinzu, welche die mittlere Stoßgröße beträchtlich erhöhen. Während diese durch die entfernteren schweren Massen in dem ersten Gebäude kaum geändert wurde, wird sie durch das Pb in unmittelbarer Nähe der Kammer um 50% und durch das Paraffin fast um 30% vergrößert. Diese Tatsachen werden als weiterer Beweis dafür angesehen, daß die Stöße in Materie entstehen und aus vielen Strahlen zusammengesetzt sind, die in einem kleinen Raumgebiet entspringen.

Von B. PÜSCHEL ist die Winkelverteilung und Anzahl der in Pb erzeugten Schauerstrahlen untersucht worden (9). Zu diesem Zwecke wurden die Koinzidenzen zweier nebeneinander liegenden Zählrohre mit Pb-Schichten über ihnen gezählt, deren Abmessungen klein genug genommen wurden, um eine genügende Bestimmung des mittleren Winkels zu ermöglichen, unter dem die Rohre von dem Streublei aus erscheinen. Es ergab sich, daß der größte Teil der C-Strahlen nach der Bezeichnung von GEIGER und FÜNFER das Streublei unter Winkeln zwischen  $7^\circ$  und  $12^\circ$  verläßt. Aus der Koinzidenzzahl und den geometrischen Abmessungen läßt sich die Zahl der aus der Flächeneinheit der Pb-Platte je Stunde austretenden C-Strahlen berechnen. Für die günstigste Pb-Dicke von 1,6 cm ergaben sich 0,1 und 0,17 Strahlenpaare je Quadratzentimeter und Stunde in ausreichender Übereinstimmung mit dem von GEIGER und ZEILLER auf anderem Wege erhaltenen Werte 0,6 je Quadratzentimeter und Stunde (10).

Eine theoretische Betrachtung über die Schauer ist von W. HEISENBERG angestellt worden (11). Die bisherige Quantenelektrodynamik gäbe keine Erklärung für die durch Schauer und Stöße dargelegte Tatsache, daß sehr energiereiche Teilchen bei einem einzigen Vorgang eine große Zahl sekundärer Teilchen erzeugen können.

Anders verhalte es sich aber, wenn man die Theorie der Materie erweitere und als ihre Urbestandteile Elektronen, Protonen, Neutronen und die von PAULI eingeführten Neutrinos annimmt, zwischen denen eine Wechselwirkung der Art bestehen soll, wie sie FERMIs seiner Lehre vom  $\beta$ -Zerfall zugrunde gelegt hat (12). Dann folgt, daß für Teilchen sehr großer Energie die Erzeugung sehr vieler Sekundärteilchen nicht unwahrscheinlicher ist als die Erzeugung weniger. Auch ergibt sich aus der FERMIschen Lehre ein Anhalt dafür, warum die schweren Teilchen, Protonen und Neutronen, so selten und nur bei den energiereichsten Schauern auftreten. Dagegen sollten die bisher nur hypothetischen Neutrinos bei jedem Schauer entstehen und ihrerseits wieder kleine Schauer verursachen. Auch sollten sie sich wegen ihrer größeren Energie im Gegensatz zu den energiearmen Neutrinos des  $\beta$ -Zerfalls versuchsmäßig nachweisen lassen. Vielleicht bestehe ein Teil der nichtionisierenden, aber schauerbildenden B-Strahlen aus ihnen.

Die Absorption der die Schauer erzeugenden Primärstrahlung ist von J. H. SAWYER weiter untersucht worden (13). Wie früher (14) wurde die Dreikantanordnung von Zählrohren mit einer Pb-Platte unter dem obersten Rohr und einem Al-Block über ihm gebraucht. Die mit Fe-Absorberschichten von 1 bis 17,88 cm über dem Al erhaltenen Koinzidenzzahlen je Stunde stimmen mit den aus  $(15 + 14,5 \cdot e^{-0,137x})$  berechneten Werten in den Genauigkeitsgrenzen überein. Dabei ist  $x$  die Dicke des Fe in Zentimetern und 15 die stündliche Koinzidenzzahl ohne Absorber. Die Schwächungszahl der Primärstrahlung ist daher  $\mu = 0,137 \text{ cm}^{-1}$  Fe. Entsprechende Versuche mit  $\text{H}_2\text{O}$ , Al und Pb als Absorbern ergaben für diese Stoffe  $\mu = 0,0183 \text{ cm}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ;  $0,05 \text{ cm}^{-1} \text{ Al}$  und  $0,197 \text{ cm}^{-1} \text{ Pb}$  gegenüber den früher gefundenen  $0,022 \text{ cm}^{-1} \text{ Al}$  und  $0,50 \text{ cm}^{-1} \text{ Pb}$ . Zu dem letzten wird aber bemerkt, daß er auf einem Rechenfehler beruhte. Multipliziert man die Schwächungszahlen von  $\text{H}_2\text{O}$ , Al, Fe und Pb mit 100 und dividiert dann durch die entsprechende Dichte, so findet man 1,83; 1,9; 1,74 und 1,74. Es scheint also im Gegensatz zur früheren Arbeit, daß die Absorption massenproportional ist.

Wurde der Al-Block, in dem die Schauer entstanden, durch einen Paraffinblock ersetzt, mit dem Pb als Absorber aber wie vorher verfahren, so ergab sich  $\mu$  für Pb etwas kleiner, nämlich zu  $0,175 \text{ cm}^{-1}$  statt  $0,197 \text{ cm}^{-1}$ . Ferner wurden die Schwächungszahlen der im Paraffin erzeugten B-Strahlung und der von ihr im Pb ausgelösten C-Strahlung bestimmt, indem wie bei früheren Arbeiten die Dicke der Pb-Platte unter dem obersten Rohre verändert wurde. Sie ergaben sich zu  $0,85 \text{ cm}^{-1} \text{ Pb}$  und  $1,9 \text{ cm}^{-1} \text{ Pb}$ .

Auch über Schauer und Stöße in Wasser- und Erdtiefen wird in einer Anzahl Arbeiten berichtet. Solche Messungen sind von D. H. FOLLET und J. D. CRAWSHAW in einer Station der Londoner Untergrundbahn ausgeführt worden, wo die Erdschicht über dem Meßgerät 30,8 m stark war (15). Es wurde das Koinzidenzverfahren mit 3 Zählrohren angewandt. Um die Absorption der Ultra-

strahlung in der Bodenschicht zu bestimmen, wurden diese waagrecht und parallel in gleichen Abständen so angeordnet, daß die Ebene der 3 Achsen in jeden Winkel mit der Senkrechten eingestellt werden konnte. Da nämlich die Wege der Strahlen im Erdboden je nach ihrem Zenitwinkel verschieden sind, kann man die Absorption aus der Verteilung der Strahlungsstärke nach dem Zenitwinkel ermitteln. Das Verfahren war so empfindlich, daß die Lage eines Straßenbahntunnels, der die Dicke der Erdschicht über dem Apparat an einer Stelle verminderte, auf 4 Fuß genau aus den Koinzidenzzahlen für die verschiedenen Richtungen bestimmt werden konnte, bevor ein Lageplan der Station zur Stelle war. Daraus wird gefolgert, daß Messungen dieser Art vielleicht zur Entdeckung von Unregelmäßigkeiten im geologischen Aufbau benutzt werden könnten.

Der Apparat wurde dann in ein Laboratorium an der Erdoberfläche für entsprechende Messungen gebracht. Die Vergleichung ergab als Verhältnis der Strahlungsstärken oben und unten 14,5 : 1.

Um Schauer in der Untergrundbahnstation zu beobachten, wurde zuerst die Dreikantanordnung der Zählrohre mit Pb-Platte über ihr angewandt, doch zeigte sich, daß zu lange Versuchsreihen nötig gewesen wären, um einen deutlichen Überschuß der Koinzidenzzahl mit Pb-Platte über diejenige ohne Pb festzustellen und so Schauer aus dem Pb nachzuweisen. Es wurde daher eine andere Anordnung von 5 Zählrohren angefertigt, bei der die Achsen ein regelmäßiges Fünfkant bildeten und wenigstens 3 Teilchen nötig waren, um die Rohre gleichzeitig zu entladen. Mit Pb-Streuplatten verschiedener Dicke wurden dann Koinzidenzkurven unterirdisch und an der Erdoberfläche aufgenommen; sie ergaben sich im wesentlichen von derselben Gestalt. Die größte Schauerzahl war im ersten Falle 1,2; im zweiten 23 je Stunde, das Verhältnis also fast 20 : 1. Zur Vergleichung wurde beidemal auch das Verhältnis der senkrechten Strahlungsstärken mit 3 und 5 Zählrohren übereinander gemessen und gleich 17 : 1 gefunden, so daß hiernach die senkrechte Strahlungsstärke und die Schauerhäufigkeit mit der Tiefe in fast demselben Maß abnehmen. Daß dieses Verhältnis zwischen 2 und 100 m Wassertiefe annähernd dasselbe ist, haben auch J. CLAY und P. H. CLAY mit Zählrohrkoinzidenzen erhalten (16). Dagegen sind AUGER und BERTEIN (17) und PICKERING (18) zu wesentlich anderen Ergebnissen gelangt. Die ersteren haben schon 8 m tief im Erdboden keine Schauer mehr gefunden, und der letztere, daß die Schauerhäufigkeit mit wachsender Wassertiefe viel schneller abnimmt als die senkrechte Strahlungsstärke. Der Verfasser vermutet, daß die Unstimmigkeit davon herrührt, daß die genannten Forscher die Rossische Dreikantanordnung benutzt haben, deren Unzulänglichkeit für diesen Zweck von ihm erkannt worden ist.

Als wichtiges Ergebnis der Versuche wird hervorgehoben, daß die Verteilung der Strahlungsstärke nach dem Zenitwinkel an der unterirdischen Station dieselbe ist wie an der Erdoberfläche. Wenn die Tiefen des Meßgeräts unter dem Atmosphären-

scheitel an den beiden Orten mit  $h_1$  und  $h_2$  Meter  $H_2O$  gleichwertig, die entsprechenden Strahlungsstärken  $f(h_1)$ ,  $f(h_2)$  und der Zenitwinkel  $\Theta$  sind, so folgt daraus die Gleichung  $f(h_1) : f(h_1 \cdot \sec \Theta) = f(h_2) : f(h_2 \cdot \sec \Theta)$ , die durch  $f(h) = \text{const} \cdot h^n$  befriedigt wird. Die beobachtete Verteilung ergibt  $n = -2$ , so daß die Strahlungsstärke im umgekehrten Verhältnis des Quadrats der Weglänge abnehmen würde und nicht exponentiell, wie so häufig angenommen wird.

Die oben erwähnten Tiefwassermessungen von CLAY sind in den sehr tiefen Fjorden bei Bergen sowohl mit dem Ionisations-, als auch mit dem Zählrohrverfahren ausgeführt worden. Wie früher bei den Messungen in der Nordsee (19) das Kabel, wurde hier der Apparat selbst in der Tiefe durch den Wasserdruck schwer beschädigt, so daß die Messungen der Ionisation nicht unter 200 m fortgesetzt werden konnten. Eine besonders sorgfältige Bestimmung der Ionisation in 100 m Tiefe ergab 0,046 des Wertes an der Oberfläche.

Die Primärstrahlung wurde bis zu 300 m Tiefe durch die Koinzidenzen von 3 über einander angeordneten Zählrohren gemessen, zwischen denen 2 Pb-Stücke von je 2,4 cm Dicke angebracht waren, so daß die gleichzeitigen Entladungen nur durch Teilchen von mindestens  $10^8$  eVolt Energie ausgelöst werden konnten. Diese Anordnung war mit dem Zählapparat in einer Fe-Röhre mit einem Durchmesser von 12,5 cm und einer Länge von 90 cm eingeschlossen. Das Kabel war 325 m lang. Mit ihm war zugleich eine andere Fe-Röhre verbunden, die einen entsprechenden Apparat enthielt, dessen Zählrohre aber zur Zählung der Schauer im Dreikant angeordnet wurden. Für die Erzeugung der Schauer war sie mit einem 12 mm Pb-Panzer umgeben. Außer den Drähten für den Zähler und die Wandspannung konnten für beide Apparate dieselben Leitungen im Kabel benutzt werden. Wie schon oben erwähnt, ergab sich von 2 bis 100 m Tiefe dieselbe Abnahme der Ionisation, der Primärstrahlen und Schauer. Daraus wird geschlossen, daß die gesamte Primärstrahlung aus Teilchen besteht, von denen die Schauer herühren.

Von J. CLAY, A. VAN GEMERT und J. WIERSMA ist dann untersucht worden, ob die Proportionalität von Ionisation, Primärstrahlung und Schauerhäufigkeit im Wasser auch unter dicken Schichten anderer Stoffe besteht (20). Für die Messung der Ionisation war, wie schon bei der im tiefen Wasser, ein sehr empfindlicher Apparat notwendig. Die Ionisationskammer faßte 28 l und war mit Argon von 45 Atmosphären Druck gefüllt. Als Elektrometer diente eine Dreielektrodenröhre, deren Gitter mit der Elektrode der Kammer durch ein Relais verbunden werden konnte. Die Ladung des Gitters wurde durch die auf einem Kondensator induzierte Ladung ausgeglichen, der ebenso wie eine bekannte Spannung an das Gitter zu schalten war. Die Ladungsschwankungen des Gitters entsprechen den Bewegungen des Fadens eines gewöhnlichen Elektrometers und beeinflussen den Anodenstrom der Röhre, dessen Veränderungen aufgezeichnet werden.

Die Primärstrahlung wurde wieder mittels der Koinzidenzen von 3 übereinander angeordneten Zählrohren mit Pb zwischen ihnen gemessen und für die Zählung der Schauer eine Dreikant-anordnung im Innern eines Pb-Zylinders benutzt. Die Messungen fanden unter Fe-Schichten bis zu 78 cm Dicke und für 56 cm Fe + 15 cm Pb statt. In beiden Fällen wurde bei der Schauerzählung außer dem Hauptgipfel der Rossi-Kurve noch der von ACKEMANN entdeckte Nebengipfel gefunden (21). Ähnlich wie von KULENKAMPPF (22) wird der letztere Schauern zugeschrieben, die über eine Photonenzwischenstrahlung durch einen harten Anteil der Primärstrahlung erzeugt werden, während die Schauer, die den Hauptgipfel hervorrufen, mittelbar oder unmittelbar von einer weichen Primärstrahlung herkommen sollen. Diese Auffassung werde besonders dadurch gestützt, daß der Hauptgipfel nicht erhalten wird, wenn die Zählrohre unter schwere Massenschichten gebracht werden, welche die weiche Primärstrahlung im wesentlichen beseitigen.

Wie bei den Wassermessungen ergab sich Proportionalität der Abnahme der Ionisation, Primärstrahlung und Schauerzahl mit zunehmender Schichtdicke und die gemeinsame Massenschwächungszahl  $0,00044 \text{ cm}^2/\text{gr}$ , die für Fe mit  $\mu = 0,0035 \text{ cm}^{-1}$  gleichbedeutend ist. Wenn aber Primärstrahlen mit der Schwächungszahl  $\mu$  in einem Stoffe Sekundärstrahlen mit der Schwächungszahl  $\nu$  erzeugen, ist die Zahl der letzteren, die aus einer Schichtdicke von  $x$  cm austreten, wenn  $N_0$  Primärstrahlen in sie eingetreten sind,  $N_1 = C \cdot N_0 (e^{-\mu x} - e^{-\nu x})$  (21), und die Schichtdicke, für die  $N_1$  am größten wird, gleich  $(\log \nu - \log \mu) : (\nu - \mu)$ . Da der Versuch für den Nebengipfel der Schauerkurve  $x = 28 \text{ cm Fe}$  ergeben hatte, konnte mit diesem Ausdruck und  $\mu = 0,0035$  die andere Schwächungszahl  $\nu$  zu  $0,13 \text{ cm}^{-1} \text{ Fe}$  berechnet werden. Aus ihr folgte dann  $1 : \nu = 7,7 \text{ cm Fe}$  als mittlere Reichweite für die durch die harte Primärstrahlung im Fe erzeugten B-Photonen und Schauerteilchen zusammen.

Diese Ergebnisse ermöglichten es, die Schwächung der harten Primärstrahlung in den oberen absorbierenden Schichten zu extrapolieren und nach Abzug der harten von der Gesamtstrahlung die Schwächungszahl  $\mu'$  der weichen Primärstrahlung zu  $0,22 \text{ cm}^{-1} \text{ Fe}$  zu ermitteln. Aus ihr und der Schichtdicke  $3,2 \text{ cm}$  für den Hauptgipfel der Schauerkurve berechnete sich dann wie oben die Schwächungszahl der von der weichen Primärstrahlung hervorgebrachten sekundären zu  $\nu' = 0,42 \text{ cm}^{-1} \text{ Fe}$  und die zugehörige mittlere Reichweite  $1 : \nu' = 2,8 \text{ cm Fe}$ .

Damit schließen sich die Verfasser der Auffassung von GEIGER und FÜNFER nicht an, nach der die Schauerteilchen durchdringender sein sollten als die sie erzeugende B-Strahlung (23), eine Auffassung, die nach der Gleichung  $S = C \cdot \frac{\mu}{\nu - \mu} \cdot (e^{-\mu x} - e^{-\nu x})$  ebenso berechtigt ist wie die entgegengesetzte. Um diese Angelegenheit noch näher zu untersuchen, haben J. CLAY

und A. VAN GEMERT (24) 7 Fe-Platten von  $5 \cdot 200 \cdot 400 \text{ mm}$  über einem Zählrohdreikant als Streukörper in 3 verschiedenen Weisen angeordnet. Bei den Anordnungen I und III lagen die Platten gleich nahe übereinander, aber so, daß die unterste von I dem Dreikant viel näher war als die von III, während bei II die unterste Platte vom Dreikant ebenso weit entfernt war wie bei I, aber die Platten weiter voneinander abstanden, so daß die oberste mit der obersten von III in gleicher Höhe lag. Wenn nun die beobachteten Schauer zumeist in den unteren Schichten des Streukörpers entstehen, war bei I und II annähernd dieselbe Schauerzahl zu erwarten; wenn sie dagegen hauptsächlich in den oberen Schichten entspringen, sollte die Schauerzahl bei II und III fast dieselbe sein. Das Ergebnis war entschieden zugunsten des ersten Falles. Ein entsprechender Versuch mit Pb-Platten hatte denselben Erfolg. Demnach habe die die Schauer erzeugende Strahlung eine kleinere Schwächungszahl als die Schauerstrahlung selbst.

In derselben Arbeit wird der Frage näher getreten, ob die weiche Primärstrahlung ihre Schauer unmittelbar auslöse oder auf dem Weg über eine Photonenzwischenstrahlung. Zu ihrer Entscheidung wurden direkt über einer Pb-Platte von 0 bis 14 mm Dicke 6 Zählrohre von 1 cm Durchmesser nebeneinander und parallel geschaltet angebracht, während unter ihr 3 Zählrohre von derselben Länge, aber 2 cm Durchmesser, im Dreikant angeordnet wurden. Gezählt wurden die dreifachen Koinzidenzen des Zählrohdreikants und abwechselnd mit ihnen die vierfachen, wenn das Dreikant mit den 6 oberen Rohren in Reihe geschaltet wurde. In beiden Fällen ergab sich für verschiedene Pb-Dicken je dieselbe Koinzidenzenzahl in der Minute, woraus geschlossen wird, daß jeder Schauer von einem ionisierenden Teilchen begleitet werde, das eines der oberen Rohre durchsetzt und den Schauer im Pb auslöst. Rückgestreute Schauerelektronen kämen wenigstens für die dickeren Pb-Schichten wegen ihrer geringen Reichweite nicht in Betracht.

Es sei also zu schließen, daß die weiche Primärstrahlung ihre Schauer unmittelbar erzeugt oder mit Hilfe einer Photonenzwischenstrahlung von sehr kurzer Reichweite. Im Zusammenhang damit wird auf die Arbeit von STEVENSON und STREET mit den schönen Lichtbildern verwiesen (25), über die bereits berichtet wurde (26). Die weichen Primärstrahlen würden sich folglich gerade entgegengesetzt wie die harten verhalten, von denen CLAY neben anderen Forschern gezeigt hatte, daß sie ihre Schauer nicht direkt hervorbringen (27).

Während die Messungen der Schwächung der Ionisation, Primärstrahlung und Schauer unter dicken Schichten von Fe, Pb und  $\text{H}_2\text{O}$  Massenproportionalität ergeben hatten, ist der Einfluß des Luftdrucks unter denselben Bedingungen unverhältnismäßig groß (28). Er ist für alle 3 Vorgänge unter 56 bis 78 cm Fe annähernd derselbe, nämlich etwa 2% je Zentimeter Hg; während nach der Schwächungszahl  $0,00044 \text{ cm}^2/\text{g}$  der harten

Primärstrahlung 0,006 je Zentimeter Hg zu erwarten wäre. Eine Erklärung dieser großen Unstimmigkeit könne zur Zeit nicht gegeben werden.

Von CLAY ist auch die Reichweite von Schauer-  
teilchen in verschiedenen Stoffen gemessen worden (29). Zu diesem Zwecke wurde das untere Zählrohr einer Dreikantanordnung konzentrisch mit einer Absorberschicht veränderlicher Dicke und einer entfernteren, Schauer erzeugenden Pb-Schicht umgeben. Die beiden oberen Zählrohre befanden sich zwischen den beiden Schichten über der absorbierenden. Wenn dann eine 3fache Entladung der Rohre stattfand, hatte nur der durch das untere Rohr gehende Strahl den Absorber zu durchsetzen, so daß durch Veränderung der Schichtdicke die Absorption eines einzelnen Schauer-  
teilchens gemessen werden konnte.

Für Schauer aus Pb ergab sich eine Reichweite von 4,4 cm in Pb und von 5,6 cm in Fe entsprechend dem umgekehrten Verhältnis der Dichten. Die Schauer-  
teilchen aus Fe hatten eine Reichweite von 5,2 cm in Pb, also eine größere als die der Pb-Schauer-  
teilchen. Die Reichweiten der Schauer-  
teilchen aus Al und Luft wurden als noch länger gefunden. Daraus gehe hervor, daß die Energie der Schauer-  
teilchen zum Teil durch den Atomkern bestimmt wird, aus dem sie hervorgehen.

Die Tiefwassermessungen von REGENER im Bodensee sind von F. WEISCHEDEL mit verbesserten Meßgeräten wieder aufgenommen worden (30). Die früheren Messungen hatten zwar zwei sehr harte Bestandteile der Ultrastrahlung nachgewiesen, aber die Frage offen gelassen, ob noch härtere vorhanden sind, wie nachher durch die von anderen Forschern in Bergwerken und großen Wassertiefen ausgeführten Messungen nahegelegt wurde (31). Da bei solchen Untersuchungen die Restionisation der Ionisationskammer eine Hauptschwierigkeit bildet, wurde deren Einfluß möglichst eingeschränkt. Dazu gehörte, daß anstatt der „kleinen Bodenseebombe“ von REGENER eine 3mal so große von 114 Liter Inhalt aus Fe von 2 cm Wandstärke benutzt wurde, die bei demselben Druck des Füllgases einen stärkeren Ionisationsstrom lieferte und wegen des kleineren Verhältnisses der Oberfläche zum Rauminhalt die Restionisation prozentual herabsetzte. Wie früher wurde das Entladeverfahren mit photographischer Aufzeichnung des Elektrometerfadengangs angewandt; das Elektrometergehäuse konnte aber diesmal entlüftet werden. Ein großer Vorteil dieses Verfahrens bei Messungen im Wasser besteht darin, daß keine Spannungsquellen mit versenkt zu werden brauchen, da in großen Tiefen die einmalige Aufladung der Kammerelektrode auf 600 Volt für 14 Tage Aufzeichnung ausreichte. Bei früheren Messungen war nämlich von E. REGENER ein Anstieg der Restionisation in größeren Wassertiefen beobachtet worden, der mit der Zeit sehr beträchtliche Werte annahm, und wie von ihm durch langwierige Versuche festgestellt wurde, von einer radioaktiven Verunreinigung durch die eingebaute Trockenbatterie herstammte (32).

Alle Messungen, die 3568 Stunden mit der kleinen Bombe zur Vorbereitung und 3039 mit der

großen umfaßten, wurden mit der REGENERschen Versenkvorrichtung an derselben Stelle des Sees ausgeführt. In 235 m Tiefe ergab sich dabei ein Ionisationsmittelwert von 0,68 Volt je Stunde, während er an der Oberfläche 130 Volt je Stunde betrug. Da die Restionisation, wie im Verlaufe der Messungen gefunden wurde, zwischen 0,20 und 0,31 Volt je Stunde liegt, also noch nicht die Hälfte der Gesamtionisation von 0,68 Volt je Stunde in 235 m Tiefe beträgt, ist sie kleiner als 0,5% des Oberflächenwerts, während REGENER in derselben Tiefe 2,6%, CLAY in 200 m Nordseetiefe 2,5% und CORLIN in einem Bergwerk hinter 265 m H<sub>2</sub>O-Wert 4,4% erhalten hatten. Eine genaue Bestimmung der Restionisation war leider nicht möglich, obgleich sie für die Deutung der Messungen in großen Tiefen von großem Wert gewesen wäre. Eine weitere Schwierigkeit bereiteten die Schwankungen der Ultrastrahlung. Um die Absorption in den größten Tiefen sicher zu stellen, wurden die sorgfältigsten mehrtägigen Messungen bei stündlicher Beleuchtung des Elektrometerfadens ausgeführt. Aber in demselben Maße, in dem die Genauigkeit gesteigert wurde, traten auch die Schwankungen deutlicher hervor. Sie waren zum Teil durch Stöße bedingt. Nach einem vom Verfasser früher entwickelten Verfahren (33) wurden die 2,5 · 10<sup>7</sup> Ip. übertreffenden Stöße in verschiedenen Tiefen gezählt. Z. B. ergaben sich in 95 m Tiefe 5,0 und in 235 m Tiefe 1,2 solcher Stöße am Tage, während sich die Ultrastrahlungsstärken selbst in den beiden Tiefen wie 7,3 : 1,0 verhielten.

Abgesehen von den durch den Ionisationsvorgang selbst bedingten Schwankungen, die in den stündlichen Aufzeichnungen zum Ausdruck kamen, zeigten auch die über 10 bis 20 und 24 Stunden gebildeten Mittelwerte Schwankungen, die einen sternzeitlichen Gang der Ultrastrahlung vermuten ließen.

Trotz der erwähnten Schwierigkeiten waren aus den Absorptionsmessungen 3 Bestandteile der Ultrastrahlung mit je einem Exponentialgesetz zu erkennen. Der eine von ihnen war bereits von GROSS aus der REGENERschen Kurve als härtester mit der Schwächungszahl  $\mu = 0,0188 \text{ m}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$  ermittelt worden. Zu ihm kommen noch zwei härtere mit  $\mu = 0,0165$  und  $0,009 \text{ m}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ . Ob es sich dabei um Teilchen verschiedener Reichweite oder eine Wellenstrahlung handelt, müsse vorläufig dahingestellt bleiben.

Untersuchungen über den Reststrom von Ionisationsdruckkammern sind auch von W. MESSERSCHMIDT ausgeführt worden (34). Zu diesem Zwecke wurde eine Kammer der Hallischen Versuchsanordnung in einem Kalischacht bei Halle 870 m unter Tag aufgestellt. Da der Schacht außer Betrieb war, konnte der Apparat in der Nähe der Ausfahrt untergebracht werden, so daß seine Überführung trotz des Gewichts 5000 kg nicht allzu mühsam war. Allerdings mußte er mitten im Kalisalz aufgebaut und gegen dessen harte  $\gamma$ -Strahlung allseitig mit einem inneren Panzer von 10 cm Pb und einem äußeren von 10 cm Fe abgeschirmt werden. Der Reststrom betrug dann nur noch etwa 2 Ip. je Kubikzentimeter und Sekunde.

Bei der Untersuchung der Abhängigkeit der Ionisation vom Druck in der Kammer ergab sich der Reststrom von 10 Atm an konstant. Dies wird dadurch erklärt, daß nach PFUNDT (35) und KÖRNER (36) der Reststrom durch  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen von Uran verursacht wird, welches als Verunreinigung in den Kammerwänden enthalten ist. Bei kleinen Drucken sind beide Strahlenarten wirksam, bei größeren ist die Wiedervereinigung der von den  $\alpha$ -Strahlen gebildeten Ionen so groß, daß nur noch die  $\beta$ -Strahlen für die Ionisation in Betracht kommen. Deren Reichweiten müßten dann klein gegen die Abmessungen der Kammer sein. Die mittlere Reichweite wurde durch eine statistische Deutung der Aufzeichnung in 115 sec mit Benutzung der Ionisation während dieser Zeit und der spezifischen Ionisation 50 Ip. je Zentimeter Normalluft gleich 210 cm in Normalluft im Mittel gefunden, was mit der bekannten Reichweite der Uran- $\beta$ -Strahlung befriedigend übereinstimmt. Zur Feststellung etwaiger Hoffmannstöße wurde eine lange Versuchsreihe vorgenommen, aber während 274 Stunden kein Stoß entdeckt.

Daß aber Stöße noch in großen Tiefen auftreten und die Ultrastrahlung also bis dahin vordringt, ist von Y. NISHINA und C. ISHII nachgewiesen worden (37). Sie haben jüngst mit dem von MILLIKAN zur Verfügung gestellten NEHERSchen Elektroskop (38) Messungen der Ultrastrahlung in einem 9,7 km langen japanischen Eisenbahntunnel veranstaltet. Leider war die Restionisation der Kammer zu groß, um genaue Ergebnisse zu erhalten, doch war aus der Abnahme der Ionisation mit der Tiefe, die 1230 bis 120 m Gestein über dem Apparat betrug, zu ersehen, daß die Ultrastrahlung viel dickere Bodenschichten durchdringt, als bisher angenommen wurde. Daß sie jedenfalls mehr als 800 m  $H_2O$ -Wert durchsetzen kann, ging daraus hervor, daß ein Stoß von etwa  $10^7$  Ip. bei einer Mindestdicke des umgebenden Gesteins von etwas mehr als dieser Stärke beobachtet wurde. Die gesamte aus Ultrastrahlung und Restgang zusammengesetzte Ionisation betrug in dieser Tiefe  $0,222 \pm 0,004$  Ip. je Kubikzentimeter, Sekunde und Atmosphärendruck.

Ähnliche Erfolge haben J. BARNOOTHY und M. FORRO mit dem Zählrohrverfahren in einem Kohlenbergwerk bei Budapest gehabt (39). Dabei wurden die Koinzidenzen von 3 in Reihe angeordneten Zählrohren in 315 m Tiefe gezählt, deren Achsenebene in beliebige Zenitwinkel einzustellen war, so daß die Ultrastrahlung auch nach dem Durchgang durch viel dickere Schichten gemessen werden konnte. Es ergab sich, daß sie noch 2500 m  $H_2O$ -Wert durchdringt. Während an der Erdoberfläche 1700 Koinzidenzen in der Stunde gezählt wurden, waren es 0,78 in einer Tiefe von 700 m  $H_2O$ -Wert und 0,09 bei 2500 m. Ferner wurde festgestellt, daß die Ultrastrahlung noch in einer Tiefe von 700 m  $H_2O$ -Wert Schauer erzeugt, die ebenso durchdringend waren wie die an der Oberfläche beobachteten.

Die Registrierballonaufstiege, die von E. REGENER und G. PFOTZER 1934 und 1935 ausgeführt wurden (40), sind von dem letzteren

um einen weiteren vermehrt worden (41). Wie bei jenen wurde dabei eine Anordnung von 3 Zählrohren übereinander benutzt. Um die Ansprechwahrscheinlichkeit zu erhöhen, bestand jedes dieser Rohre eigentlich aus 3 kleineren parallel geschalteten. Während bei den ersten beiden mit dieser Anordnung veranstalteten Aufstiegen die Höhe 21,4 km (37 mm Hg) erreicht wurde, gelangte der dritte bis zu 29 km (10 mm Hg). Die Zählrohre waren mit Argon und einem Zusatz von Alkoholdampf gefüllt. Über den günstigen Einfluß des letzteren auf das Auflösungsvermögen, d. h. die Mindestzeit, welche zwischen zwei das Rohr durchsetzenden Teilchen liegen muß, damit der Verstärker zwei getrennte Entladungen aufzeichnet, ist von A. EHMERT und A. TROST berichtet worden (42). Die an die Rohre angeschlossene Verstärkerschaltung war im wesentlichen die von ROSSI angegebene (43). Das durch sie betätigte Zählwerk war eine Taschenuhr, deren Anker durch einen an den Verstärker geschalteten Elektromagneten bewegt wurde. Neben der Skala des Zählwerks waren die des Baro- und Thermographen angebracht, und die 3 Skalen wurden in einem lichtdichten Kasten alle 4 Minuten von einer kleinen Glühlampe mit Kondensator beleuchtet, die im Stromkreis einer Taschenbatterie mit Kontaktuhr lag. Dadurch wurde eine Abbildung auf einer Photoplatte bewirkt, die ein Elektromagnet alle 4 Minuten um eine Bildweite weiter drehte. Zum Schutz gegen die Kälte wurde wie früher eine Gondel aus Holzstäben, Al-Folie und Cellophan benutzt.

Der dritte Aufstieg ergab einen Fortschritt gegen die beiden ersten. Denn während die aus diesen hervorgehende Kurve gegen den Atmosphärenscheitel hin nach Null zu gehen schien (40), lassen die letzten Meßpunkte des dritten ein Streben nach einem von 0 verschiedenen Werte, etwa 115, beim Druck 0 erkennen, der die Zahl Koinzidenzen angibt, die der Apparat am Scheitel der Atmosphäre alle 4 Minuten aufzeichnen würde.

Aus den bei den 3 Aufstiegen erhaltenen Koinzidenzzahlen ist nun durch Mittelung die endgültige Kurve für senkrechten Strahleneinfall hergestellt worden. Sie besitzt einen Gipfel bei 80 mm Hg und einen Buckel bei 300 mm Hg Luftdruck. Innerhalb der Genauigkeit des von GROSS angegebenen Verfahrens (44) stimmt ihr Verlauf mit der auf senkrechten Einfall umgerechneten Kurve für allseitigen Einfall überein, die früher mit einem einzigen Zählrohr erhalten worden war (40). Dadurch wurde die Annahme gerechtfertigt, daß die Sekundärstrahlen nur wenig von der Richtung der sie erzeugenden primären abweichen und verhältnismäßig kleine Reichweiten haben.

Durch die Sekundärstrahlen wird auch der Gipfel der Kurve erklärt. Sie nehmen nämlich von den kleinsten Drucken bis zu dem von 8 cm Hg zu, weil dieser ihrer mittleren Reichweite in Luft entspreche, und darauf wieder ab, indem von nun an die Absorption die Neuerzeugung überwiegt. Der Buckel bei 30 cm Hg wird mit COMPTON als Folge einer Unstetigkeit in der Absorption der Primärstrahlung gedeutet. Nach STÖRMER,



LEMAÎTRE und VALLARTA müssen nämlich geladene Teilchen, um in unseren Breiten noch senkrecht einfallen zu können, eine Reichweite von mindestens 30 cm Hg in Luft haben. Demnach ist die Dichte der Primärstrahlen vom Scheitel der Atmosphäre bis zu dem Druck von 30 cm Hg dieselbe und nimmt von da an ab. Unter der Voraussetzung, daß diese Abnahme exponentiell erfolgt, wird die Schwächungszahl durch Vergleichung der Gesamtstrahlung an zwei verschiedenen hohen Punkten zu  $\mu = 0,115 \text{ cm}^{-1} \text{ Hg}$  bestimmt.

Neben diesem stark absorbierbaren Anteil der Primärstrahlung, dem auch die Bildung von Schauern zugeschrieben wird, müsse ein anderer angenommen werden, der aus Teilchen größerer Reichweite bei derselben Energie besteht und den Breiteneffekt in Seehöhe unter kleineren Breiten als  $50^\circ$  verursacht. Er wird als derselbe betrachtet wie der, welcher mindestens 100 m  $\text{H}_2\text{O}$  durchdringt und dessen Schwächungszahl von REGENER und KRAMER sowie von AUGER und seinen Mitarbeitern zu  $\mu = 0,0095 \text{ cm}^{-1} \text{ Hg}$  bestimmt worden ist. Der Richtungseffekt (45) der Primärstrahlung läßt bei diesen Teilchen auf positive Ladungen schließen, und dieser Umstand sowie die große Durchdringungsfähigkeit nach BETHE und HEITLER auf Protonen (46).

Da nach denselben Forschern die Wahrscheinlichkeit für die Hervorbringung von Sekundärstrahlen besonders groß für Teilchen kleiner Masse ist, wird der erste weichere Anteil der Primärstrahlung als bestehend aus positiven und negativen Elektronen angesehen. Während von dem Energieverlust des harten Anteils angenommen wird, daß er nur durch gewöhnliche Ionisation erfolgt und von der Energie des Primärstrahls unabhängig ist, wird er bei dem weicheren Bestandteil nach SWANN der Energie proportional gesetzt, soweit er auf Schauerbildung zurückzuführen ist (47). Dazu kommt noch ein im wesentlichen konstanter Betrag des Energieverlusts durch gewöhnliche Ionisation, so daß der Absorption der weichen Primärstrahlung die Gleichung

$$\frac{d\varepsilon}{dx} = -a - b\varepsilon$$

zugrunde zu legen ist, in der  $\varepsilon$  die Energie eines Teilchens nach Durchlaufen der Absorberdicke  $x$ , sowie  $a$  und  $b$  Konstanten sind. Von dieser Gleichung ausgehend hat B. GROSS eine Theorie der Ultrastrahlung entwickelt (48), die nun herangezogen wird, um  $a$  und  $b$  auf Grund der vorliegenden Ergebnisse zu bestimmen. Es ergibt sich

zuerst  $b = 0,06 \text{ cm}^{-1} \text{ Hg}$  als Proportionalfaktor der für die Sekundärstrahlen verbrauchten Energie und dann  $a = 4,1 \cdot 10^7 \text{ eVolt}$  als Energieverlust durch gewöhnliche Ionisation je Zentimeter Hg-Wert in Luft. Da 1 cm Hg mit  $1,049 \cdot 10^4 \text{ cm}$  Normalluft gleichbedeutend ist, wird für die spezifische Ionisation  $3,9 \cdot 10^3 \text{ eVolt}$  je Zentimeter Normalluft gefunden. Nimmt man als Energieumsatz bei der Bildung eines Ionenpaares dabei 32 eVolt an, so wird die spezifische Ionisation gleich 120 Ip. je Zentimeter Normalluft, und dieser Wert stimmt befriedigend mit dem von 103 Ip. je Zentimeter überein, welcher früher durch Vergleichung der Messungen mit nur einem Zählrohr und denen mit Ionisationskammern gewonnen worden war (19). Neuere Bestimmungen der spezifischen Ionisation auf anderem Wege haben kleinere Werte als bisher (32 bis 165) ergeben. So finden W. E. DANFORTH und W. E. RAMSAY 21 Ip. je cm Luft (49) und ähnlich M. G. COSYNS (50).

#### Schrifttumverzeichnis.

1. Proc. Roy. Soc. London A 156, 570 (1936) — 2. Z. physik. chem. Unterr. 47, 116 (1934). — 3. Z. Physik 103, 27 (1936). — 4. Z. physik. chem. Unterr. 51, 119 (1938). — 5. Z. physik. chem. Unterr. 48, 269 (1936). — 6. Z. physik. chem. Unterr. 51, 168 (1938). — 7. Z. physik. chem. Unterr. 49, 175 (1936). — 8. Physic. Rev. 50, 589 (1936). — 9. Physik. Z. 37, 661 (1936). — 10. Z. physik. chem. Unterr. 49, 173 (1936). — 11. Z. Physik 101, 533 (1936). — 12. Z. Physik 88, 161 (1934). — 13. Physic. Rev. 50, 25 (1936). — 14. Z. physik. chem. Unterr. 49, 223 (1936). — 15. Proc. Roy. Soc. London A 155, 546 (1936). — 16. Physica 2, 1042 (1935). — 17. J. Phys. Rad. 6, 253 (1935). — 18. Physic. Rev. 47, 423 (1935). — 19. Z. physik. chem. Unterr. 49, 219 (1936). — 20. Physica 3, 332 u. 627 (1936). — 21. Z. physik. chem. Unterr. 49, 179 (1936). — 22. Z. physik. chem. Unterr. 51, 172 (1938). — 23. Z. physik. chem. Unterr. 49, 171 (1936). — 24. Physica 3, 763 (1936). — 25. Physic. Rev. 48, 464 (1935). — 26. Z. physik. chem. Unterr. 51, 170 (1938). — 27. Z. physik. chem. Unterr. 49, 169 (1936). — 28. Physica 3, 646 (1936). — 29. Physica 3, 352 (1936). — 30. Z. Physik 101, 732 (1936). — 31. Z. physik. chem. Unterr. 48, 263 und 267 (1935). — 32. Z. Physik 100, 286 (1936). — 33. Z. techn. Physik 16, 462 (1935). — 34. Z. Physik 102, 18 (1936). — 35. Z. Physik 85, 439 (1933). — 36. Z. Physik 85, 442 (1933). — 37. Nature 138, 721 (1936). — 38. Physic. Rev. 50, 15 (1936). — 39. Nature 138, 325 (1936). — 40. Z. physik. chem. Unterr. 49, 218 (1936). — 41. Z. Physik 102, 23 und 41 (1936). — 42. Z. Physik 100, 553 (1936). — 43. Nature 125, 636 (1933). — 44. Z. Physik 83, 214 (1933). — 45. Z. physik. chem. Unterr. 48, 262 (1935). — 46. Proc. Roy. Soc. London A 146, 83 (1934). — 47. Z. physik. chem. Unterr. 49, 221 (1936). — 48. Physik. Z. 37, 12 und 409 (1936). — 49. Physic. Rev. 49, 854 (1936). — 50. Nature 138, 284 (1936).

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Zur Erinnerung an die Veröffentlichung der Discorsi GALILEI vor 300 Jahren. Von P. STEINDEL in Berlin.

Am 6. März 1938 waren 300 Jahre vergangen, seit GALILEI'S letztes großes Werk, die Discorsi, der Öffentlichkeit übergeben wurde. Der genaue Titel des Werkes lautet: Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove scienze attenenti alla meccanica & i movimenti locali; in deutscher Übersetzung: Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die

Mechanik und die Fallgesetze betreffend. Die Discorsi sind zum Teil in italienischer, zum Teil in lateinischer Sprache geschrieben. Sie sind aber, nachdem sie in der deutschen Übersetzung von A. VON OETTINGEN in die Sammlung „OSTWALDS Klassiker der exakten Wissenschaften“ (Leipzig: W. Engelmann 1890, Bd. 11; 1891, Bd. 24 und Bd. 25) aufgenommen sind, jedem Deutschen zugänglich. Die Darstellung ist meist in Form von Wechselgesprächen gehalten. Daneben finden sich allerdings auch fortlaufende Erörterungen in

längerem Zusammenhang. Die ganze Schrift zerfällt in 6 Abteilungen oder „Tage“. Insbesondere vom 3. und 4. Tage sagt LAGRANGE, es gehöre ein außerordentliches Genie dazu, sie zu verfassen; man werde sie nie genug bewundern können. Die an den Wechselgesprächen beteiligten Personen sind dieselben, die auch in dem berühmten Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme auftreten, und haben die Namen SALVIATI, SAGREDO und SIMPLICIO, von denen die beiden ersten von Personen entlehnt sind, die dem engeren Freundeskreise GALILEIS angehörten, während SIMPLICIO eine erfundene Person ist, die den alten aristotelischen Standpunkt vertritt. Die Wahl dieses Namens SIMPLICIO (der Einfältige) wurde für GALILEI insofern verhängnisvoll, als seine Gegner bei dem Verfahren gegen ihn den früher GALILEI wohlgesinnten Papst Urban VIII. glauben zu machen versuchten, daß in der Person des SIMPLICIO in dem angefochtenen Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme niemand anders als er selbst dem Gelächter preisgegeben sei.

Der Druck sämtlicher Discorsi war dem Grafen DI NOAILLES zu verdanken und erfolgte, da GALILEI als Gefangener der Inquisition in der Villa Arcetri festgehalten und mit dem Verbote belastet war, etwas zu veröffentlichen, durch die Firma Elzeviri in Leyden. Dem Original ist darum eine Widmung an den Grafen DI NOAILLES vorangestellt.

Wenn man GALILEI als einen Begründer der neuzeitlichen Physik bezeichnet, so stützt sich dieses Urteil auf die einzigartige Leistung, die im 3. und 4. Tage der Discorsi niedergelegt ist. Der Inhalt dieser beiden Tage, die den 24. Band von OSTWALDS Klassikern füllen, bringt eine klare Darstellung der Grundlagen der Bewegungslehre, insbesondere die Lehre vom Fall, von der Wurfbewegung und der Pendelbewegung. Wer die Ausführungen GALILEIS zum ersten Male durcharbeitet, empfindet die Lektüre als ziemlich unbequem, besonders, weil bei der Beweisführung, dem damaligen Stande der Mathematik entsprechend, dauernd Verhältnisse und die Geometrie herangezogen werden. Die Behandlung von Sätzen, die mit den Hilfsmitteln der modernen Analysis sehr einfach und schnell erledigt werden können, erhält darum bei GALILEI ein etwas schwerfälliges Gewand. Aber der Leser darf niemals vergessen, daß ein Forscher, der mit primitiven Hilfsmitteln in ein noch unerforschtes Urwaldgebiet eindringt und gangbare Wege anlegt, in höherem Maß Anspruch auf unsere Bewunderung hat als ein Forscher, der mit Autos, Flugmaschinen und Raupenvehikeln dort vordringt. GALILEI standen eben besonders analytische Geometrie und Infinitesimalrechnung noch nicht zur Verfügung; um so höher ist darum seine Leistung zu veranschlagen.

Es wäre natürlich falsch, wollte man einem jungen Menschen, der erst in die Gesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung und der Wurfbewegung eingeführt werden soll, die Lektüre des 3. und 4. Tages von GALILEIS Discorsi empfehlen. Für diesen Zweck gibt es heute viel bequemere und ausgetretene Wege. Der Physiklehrer aber, der es

für seine Pflicht halten muß, nicht bloß den sachlichen Inhalt des Pensums seinen Schülern zu übermitteln, sondern sie auch in den Werdegang bei einer oder der anderen Lehre einzuführen, wird aus den Discorsi mancherlei Anregung für seinen Unterricht schöpfen. Da erfährt er auf Seite 16 (Bd. 24), daß auch ein großer Geist einmal in die Irre gehen kann: GALILEI setzte die Geschwindigkeit beim Fall zuerst proportional dem zurückgelegten Weg an. Aus der genaueren Lebensgeschichte erfährt man, daß GALILEI sogar jahrelang in diesem Irrtum befangen war, bis er schließlich auf die Proportionalität mit der Fallzeit kam. Auf S. 26 (Bd. 24) lernt der Leser die verblüffende Art der Zeitmessung bei seinen Fallversuchen auf der schiefen Ebene kennen, die GALILEI sich ersann, um damals, wo es noch keine Stoppuhr und keine Pendeluhr gab, die Versuche anstellen zu können. Es war eine für seine Zwecke zurechtgemachte Abwandlung der damals viel gebrauchten Wasseruhr. Ein Eimer voll Wasser, in dessen Boden ein enger Kanal angebracht war, wurde aufgestellt. Aus dem engen Röhrchen ergoß sich ein feiner Wasserstrahl, der während einer jeden beobachteten Fallzeit in einem kleinen Becher aufgefangen wurde. Das in dem Becher angesammelte Wasser wurde gewogen, und aus den Differenzen der Wägungen ergaben sich dann die Verhältnisse der Gewichte und damit der Zeiten. Ein Gehilfe mußte mit der Hand in den Eimer hineingreifen und mit dem Finger die Öffnung beim Beginn und am Ende des Falls schließen. Wenn GALILEI an der Stelle auch angibt, daß die Versuche außerordentlich genau ausfielen, so muß man die gelegentlich gehörte oder gelesene Behauptung, GALILEI habe die Gesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung induktiv gewonnen, als durchaus falsch bezeichnen. Der Versuch diente nur dazu, den vorher gefaßten Gedanken zu bestätigen. Wenn er schließlich dazu kam, die Geschwindigkeit proportional der Fallzeit anzusetzen, so geschah es, weil nur mit dieser Vorstellung sich das vorher gefundene Weggesetz vertrug. Und man muß gestehen, daß selbst ein noch so genau ausfallender Versuch mit Rücksicht auf die unvermeidbaren Ungenauigkeiten die Gültigkeit eines Naturgesetzes niemals voll erhärtet. Das geschieht erst, wenn die aus dem Gesetze gezogenen Folgerungen, also der weitere Ausbau des Gesetzes, sich bewähren.

Von den vielen Sätzen über den Fall auf der schiefen Ebene verdient mancher, namentlich der Satz über den Fall durch die Sehne (Bd. 24, S. 34), im Unterrichte herangezogen zu werden. Bei den Deduktionen GALILEIS über den Wurf (4. Tag), die vieles noch heute Interessierende enthalten, behandelt er nur den horizontalen Wurf. Die Entstehung der Halbparabel ist das Ergebnis der Zusammensetzung einer gleichmäßig beschleunigten Fallbewegung mit einer horizontalen gleichförmigen Bewegung. Für ihn ist bei diesen Überlegungen die Vorstellung, daß ein horizontal oder parallel der Erdoberfläche sich bewegender Körper, wenn keine Hindernisse der Bewegung auftreten, seine Geschwindigkeit beibehält, eine selbstverständliche Denkweise. Daraus ergibt sich, daß das

Beharrungsgesetz bereits GALILEI geläufig war, wenn es auch erst NEWTON in seiner allgemeinsten Form zuerst aussprach. Diese Tatsache geht auch aus vielen Stellen seiner anderen Schriften hervor. Man darf dabei allerdings nicht außer acht lassen, daß auch schon Vorgänger GALILEIS sehr nahe an das Beharrungsgesetz herangekommen waren. Die Lehre des ARISTOTELES, daß ein mit der Hand geschleudertes Stein nur darum nach dem Verlassen der Hand sich weiterbewege, weil der durch die Hand erregte Luftstrom ihn weitertrage, war für die Denker der GALILEISCHEN Zeit längst überwunden.

Wenn auch im Vergleich zu den Darlegungen des 3. und 4. Tages dem, was an den anderen Tagen vorgebracht wird, nicht dieselbe Bedeutung beigelegt werden kann, so läßt sich doch auch aus diesen Erörterungen so mancherlei entnehmen, das zu einer lebendigen, im höchsten Maß anregenden Gestaltung des Physikunterrichts dienen kann. In den Schullehrbüchern findet sich z. B. bei der Lehre vom Luftdruck die geschichtliche Notiz, daß früher die Wirkung der Pumpen, die ja schon etwa 100 Jahre v. Chr. erfunden waren, durch den horror vacui der Natur erklärt wurde. Dieser horror vacui darf aber meines Erachtens nicht mit wenigen Worten abgetan werden, und da gibt das, was der I. Tag der Discorsi darüber bringt, einen guten Einblick in die Denkweise der GALILEISCHEN Zeit. Der horror vacui war, so kann man sagen, die Überschrift für ein ganzes Lehrgebäude. Selbst GALILEI war noch nicht bewußt, daß es so etwas wie Kohäsion gibt. Ein herabhängender Draht reißt nach der damaligen, auf ARISTOTELES zurückgehenden Ansicht nur deshalb unter seinem eigenen Gewicht nicht ab, weil in dem Augenblicke des Abreißens ja ein Vakuum an der Reißstelle augenblicklich entstehen würde, und das verhindert die Natur durch ihren horror vacui. Daß der Wasserfaden im Pumpenrohre dem Kolben folgt, beruht nach der herrschenden Lehre auf genau derselben Ursache wie das Nichtabreißen eines Drahtes unter seinem eigenen Gewicht. Aber die Aristotelische Lehre von der Unmöglichkeit eines Vakuums erfährt durch einen Versuch GALILEIS (Bd. 11, S. 15) eine wesentliche Abänderung. Befindet sich in einem unten geschlossenen Zylinder Wasser und darüber ein dicht schließender, das Wasser berührender Kolben, so ist es möglich, bei einer bestimmten Zugkraft den Kolben aus dem Zylinder zu ziehen, so daß also tatsächlich über dem Wasser eine kurze Zeit ein Vakuum entsteht. Danach ist also die aus dem horror vacui entspringende Kraft durchaus nicht unüberwindlich, und so erklärte auch GALILEI die Tatsache, daß eine Saugpumpe nicht mehr wirkt, wenn der Abstand zwischen der Wasseroberfläche des Brunnens und dem Kolben mehr als 18 Ellen beträgt. Er quält sich aber, richtig gesagt, damit ab, die Tatsache aufzuklären, daß ein fester herabhängender Körper viel weiter dem Abreißen widersteht als eine Wassersäule im Pumpenrohr, und er zieht dazu sehr phantastische Vorstellungen heran, die alle mit dem horror vacui arbeiten. Der Gedanke, daß zwischen den kleinsten Teilchen eines festen

Körpers Anziehungskräfte wirksam sind, konnte wohl erst geboren werden, nachdem NEWTONS Attraktionsgesetz gefunden war. Übrigens muß bemerkt werden, daß, nachdem GALILEI die Begrenztheit der Vakuumkraft experimentell bewiesen hatte, PASCALS Gegnerschaft gegen TORRICELLIS Lehre vom Luftdruck durchaus verständlich ist. TORRICELLIS Vakuum über dem Quecksilber zeigt auch zuuächst nichts weiter, als daß die Kraft des Vakuums begrenzt ist. Erst die auf PASCALS Veranlassung angestellten Versuche bei der Besteigung des Puy de Dôme im Jahre 1648, bei denen der Quecksilberstand in der TORRICELLISCHEN Röhre mit der Höhe über dem Erdboden abnahm, brachte die Entscheidung zugunsten der Lehre vom Luftdruck; denn ein Festhalten an der alten Lehre vom horror vacui mit der Abänderung, daß die Stärke des horror vacui sich nach der Höhenlage richte, wäre zu phantastisch geworden.

Auf S. 39 (Bd. 11) erfährt man, wie schon GALILEI von der Überzeugung durchdrungen war, daß das Licht zur Fortpflanzung Zeit gebrauche. Seine Bemühungen, durch terrestrische Versuche die Lichtgeschwindigkeit zu bestimmen, mußten allerdings an der Unvollkommenheit der Hilfsmittel scheitern. Fesselnd sind auch für Schüler die Erörterungen auf S. 56 (Bd. 11), bei denen GALILEI aufzeigt, wie unvernünftig die Behauptung des ARISTOTELES ist, ein schwerer Körper falle schneller als ein leichter, und daß in verschiedenen Mitteln die Fallgeschwindigkeiten umgekehrt proportional der Dichte seien. Sodann bemühte er sich auch um die Bestimmung des Gewichtes der Luft, indem er an die Angabe des ARISTOTELES anknüpfte, daß ein aufgeblasener Schlauch mehr wiege als ein zusammengefallener (Bd. 11, S. 69).

Seinen Anstrengungen, ein Verfahren zur Messung der Kraft des Stoßes zu finden, bleibt bei dem damaligen Stande der Physik der Erfolg versagt. Auf S. 39 (Bd. 25) beschreibt GALILEI ein für die Messung des Stoßes gedachtes Gerät: An einem Ende eines Waagebalkens ist ein mit Wasser gefülltes Gefäß aufgehängt, und an diesem mittels Schnüren darunter hängend ein zweites leeres. Im Boden des oberen befindet sich eine Öffnung, die mit einem Stöpsel geschlossen werden kann. Das Ganze wird durch ein Gegengewicht am anderen Ende des Waagebalkens im Gleichgewichte gehalten. GALILEI erwartete, daß, wenn man durch Herausnehmen des Stöpsels das Loch im oberen Gefäß öffnete, der Stoß des im unteren Gefäß aufprallenden Wassers das Gewicht dieser Seite vermehren müßte, so daß, wenn man durch Zulegen von Gewichten auf der anderen Seite der Waage das Gleichgewicht wiederhergestellt hätte, die zugefügten Gewichte ein Maß für die Stoßwirkung abgeben könnten. Es trat aber etwas ganz Unerwartetes ein. Als das Loch im oberen Gefäße geöffnet war und das Wasser auszufließen begann, ging die Seite der Gefäße, solange das fallende Wasser auf den Boden des unteren Gefäßes noch nicht aufgeschlagen war, etwas in die Höhe, wurde also leichter. Sobald aber der Strahl den Boden erreicht hatte, stellte sich von selbst das Gleichgewicht wieder her. Er kommt dann auf den

Gedanken, daß die Stoßkraft des Wassers gleich dem Gewichte des in der Luft hängenden Strahles sei, der sich vom oberen Gefäße schon gelöst, aber den Boden des unteren Gefäßes noch nicht erreicht habe. Das ist nun ein Irrtum. Erst E. MACH stellt in seiner Mechanik (8. Aufl., S. 313) den Vorgang vollständig klar. Die Rechnung ergibt, daß der aus den dauernden Stößen des auf den Boden des unteren Gefäßes aufprallenden Strahls sich ergebende Druck größer ist als das Gewicht des „in der Luft hängenden“ Strahls, und zwar um das doppelte Gewicht der über der Ausflußöffnung stehenden Wassersäule. Daß aber trotzdem Gleichgewicht an der Waage eintritt, liegt daran, daß ja im oberen Gefäße zunächst der Druck der über der Ausflußöffnung stehenden Wassersäule auf den Gefäßboden ausfällt. Und da ferner aus der Umgebung das Wasser mit wachsender Geschwindigkeit der Öffnung zuströmt, nimmt der Druck auf den Boden des Gefäßes aus hydrodynamischen Gründen nach der Öffnung hin allmählich ab, so daß dadurch ebenfalls ein Gewichtsausfall entsteht, der gleich dem Gewicht einer solchen Wassersäule ist. Übrigens ist auch neuerdings in zwei Aufsätzen dieser Zeitschrift [49, 8; 72 (1936)] der GALILEISCHE Versuch wieder behandelt. Rechnerisch kann der zuletzt genannte Druckausfall des doppelten Gewichtes der über der Ausflußöffnung stehenden Wassersäule nur unter Heranziehung des Impulsbegriffes oder des Begriffes Bewegungsgröße erfaßt werden. Wenn nun als Grundsatz für den Physikunterricht anerkannt wird, daß man nicht eines Einzelfalles wegen einen neuen Begriff einführen soll, sondern daß man dann auch die Anwendbarkeit des Begriffes in anderen Fällen zeigen muß, so bilden der GALILEISCHE Versuch neben der Lehre vom Stoß und der Ableitung des BOYLE-MARIOTTESCHEN Gesetzes aus der kinetischen Gastheorie Beispiele für solche Anwendungen des Begriffes Bewegungsgröße.

Auf GALILEIS Leben lastete bekanntlich infolge des Einschreitens der Inquisition ein hartes Schicksal. Vielleicht ist es darauf zurückzuführen, daß seine Freunde und Schüler ein um so leuchtenderes Bild des Meisters in ihren Schriften und Briefen der Nachwelt hinterlassen haben und manches als sein ursprüngliches Geisteszeugnis hinstellen, was durch den objektiven Befund nicht gerechtfertigt ist. So kommt EDM. HOPPE in seiner „Geschichte der Physik“ (vgl. auch Handbuch der Physik von H. GEIGER und K. SCHEEL, I. Bd.) zu dem Schluß, daß GALILEI durchaus nicht der Erfinder des Thermoskops sei, wie berichtet wird. Er selbst habe auch nie gesagt, daß er es erfunden habe. Vielmehr sei das Gerät als eine Erfindung HERONS VON ALEXANDRIEN zu bezeichnen, nach dessen Angaben viele Gelehrte und Ärzte zu GALILEIS Zeit sich solche Thermoskope anfertigten. Auch bezüglich der Discorsi ist die herkömmliche Auffassung, die dort niedergelegte Bewegungslehre sei ausschließlich GALILEIS ureigenstes, von ihm als dem ersten ersonnenes Geistesprodukt, bei dem heutigen Stande der geschichtlichen Forschung nicht aufrecht zu erhalten. Außer dem

französischen Physiker PIERRE DUHEM<sup>1</sup>, der in mühevoller Arbeit besonders die Schriften der französischen Scholastiker durchgearbeitet hat, sind auch deutsche Verfasser, wie H. WIELEITNER<sup>2</sup> und EDM. HOPPE<sup>3</sup>, den Dingen nachgegangen. Nach ihren Ergebnissen muß man folgendes als feststehende Tatsache ansehen: Die Leistungen der Scholastik dürfen unter keinen Umständen gleichsam mit einem Achselzucken abgetan werden. Die Stetigkeit der Entwicklung der verschiedenen Lehren ist auch in der scholastischen Zeit nirgends unterbrochen, obwohl es eine schwere Aufgabe ist, die Zusammenhänge aufzudecken, denn noch heute ist viel wichtiges Material ungedruckt. Insbesondere war die Schrift des französischen Scholastikers NIKOLAUS ORESME († 1382), *Tractatus de latitudinibus formarum*, von weitgehender Wirkung. Die Lehre des „Meisters ORESME“ war nach WIELEITNER bis ins 16. Jahrhundert an verschiedenen Universitäten offizieller Lehrgegenstand. Ein Beitrag in dieser Zeitschrift [41, 102 (1928)] von E. BRUNN geht auf die von ORESME angewandte graphische Darstellung durch longitudes und latitudes näher ein, die äußerlich mit der von GALILEI zum Beweise des Weg-Zeit-Gesetzes gebrauchten durchaus übereinstimmt. Hierbei werden die Zeiten durch longitudes und die dazu gehörigen Geschwindigkeiten durch latitudes dargestellt. Der Flächeninhalt des entstandenen Dreiecks bzw. Rechtecks ist dann das Maß des zurückgelegten Weges. GALILEI war nun von Scholastikern ausgebildet worden und trug selbst jahrelang seinen Hörern die aristotelischen Lehren, natürlich mit dem weiteren Ausbau durch die Scholastik, vor. Es ist also mit Sicherheit anzunehmen, daß er auch mit den Lehren des „Meisters ORESME“ vertraut war und seine Verfahren, soweit es ihm richtig schien, anwandte. Aber so, wie heute ein Techniker, Physiker oder Mathematiker, der einen funktionalen Zusammenhang graphisch darstellt, gar nicht daran denken wird, jedesmal anzugeben, daß dies nach dem Verfahren der Koordinatengeometrie von DESCARTES geschieht, ebensowenig kann man erwarten, daß GALILEI angeben sollte, eine graphische Darstellungsart, die er gebrauchte, habe schon „Meister ORESME“ vor 200 Jahren angewandt. Vielleicht ist die fragliche Figur, um die es sich auch in dem angeführten Berichte von E. BRUNN in erster Linie handelt, GALILEI auf Umwegen im Kolleg zur Kenntnis gekommen, so daß er unter Umständen überhaupt nicht wußte, daß dies für alle möglichen Dinge angewandte graphische Darstellungsver-

<sup>1</sup> P. DUHEM: *Études sur Léonard de Vinci*, III. Série, Les Précurseurs Parisiens de Galilée. Paris: A. Hermann 1913.

<sup>2</sup> H. WIELEITNER: Das Gesetz vom freien Fall in der Scholastik, bei DESCARTES und GALILEI. *Z. math.-naturw. Unterr.* 1914, 209f.

<sup>3</sup> EDMUND HOPPE: *Geschichte der Physik*. Braunschweig: F. Vieweg & Sohn 1926. — *Geschichte der Physik*, im I. Bd. des Handbuchs der Physik von H. GEIGER u. K. SCHEEL. Berlin: Julius Springer 1926.

fahren auf den „Meister ORESME“ zurückgehe. Auch kann ORESME diese graphische Darstellung sogar von noch früheren Scholastikern übernommen haben. Mir scheint es deshalb keinesfalls gerechtfertigt, GALILEI den Vorwurf zu machen, er habe in seinen Discorsi den Namen des „Meisters ORESME“ absichtlich verschwiegen. Die Frage, ob die Scholastiker bei ihren rein spekulativen Betrachtungen über die gleichmäßig beschleunigte Bewegung überhaupt auch an den freien Fall, als bestes Beispiel für eine solche Bewegung, gedacht haben, glaubt WIELEITNER allerdings bejahen zu können. Jedenfalls aber haben die scholastischen Gelehrten die Zusammenhänge, die durch die fragliche Figur dargestellt werden sollen, rein intuitiv gefunden, ohne einen mathematischen Beweis für die Richtigkeit des Dargestellten zu versuchen. GALILEI dagegen dringt in die Tiefe und erbringt auch mit den Hilfsmitteln seiner Zeit den mathematischen Beweis. Zwar ist es nach den neueren Forschungen als eine Übertreibung zu bezeichnen, wenn man liest, daß GALILEI „der“ Vater der neuzeitlichen Physik sei. Da müßten mindestens auch die Namen KEPLER und WILLIAM GILBERT neben GALILEI genannt werden. Aber GALILEI'S Ruhm, als erster die Gesetze der Bewegung, insbesondere die Fallgesetze, die Gesetze der Wurfbewegung und die Pendelgesetze unter einem einheitlichen Gesichtspunkte zusammengefaßt zu haben, kann nicht geschmälert werden. Er war wirklich der streng wissenschaftliche Begründer eines neuen „Wissenszweiges“, nämlich der Dynamik.

KARL WILDERMUTH †. Von P. HENCKEL in Berlin-Steglitz<sup>1</sup>.

Am 9. August 1938 verstarb K. WILDERMUTH, der Direktor der Württembergischen Landesanstalt für den Physikunterricht.

KARL WILDERMUTH wurde am 3. November 1875 zu Rielingshausen bei Marbach in Württemberg geboren. Er erhielt zunächst die Ausbildung zum Volksschullehrer, doch drängten ihn seine wissenschaftlichen Interessen zur Hochschule. Er studierte an der Tübinger Universität und an der Technischen Hochschule in Stuttgart Mathematik und Physik, legte die Prüfung für das höhere Lehramt ab und promovierte in Tübingen mit der Arbeit „Über die Absorption elektrischer Schwingungen in Flüssigkeiten“. Nach kurzer Assistententätigkeit am Physikalischen Institut der Universität trat er in den höheren Schuldienst und wurde schließlich 1906 als Professor an das Realgymnasium und die Oberrealschule in Heilbronn berufen, wo er eine sehr erfolgreiche Tätigkeit als Lehrer entfaltete. Seine Fähigkeit, klar und eindringlich vorzutragen, betätigte er auch außerhalb des Unterrichts und wurde durch eine Reihe

<sup>1</sup> Die biographischen Angaben stammen von H. KEEFER in Bad Cannstatt.

physikalischer und astronomischer Vorträge bekannt. Er schuf in Heilbronn eine mustergültige Schulsternwarte, die Robert Mayer-Sternwarte.

Als nach dem Weltkriege der physikalische Unterricht neu organisiert wurde, setzte sich WILDERMUTH für die Gründung einer Landesanstalt ein, die der Förderung des physikalischen Unterrichts an den württembergischen höheren Schulen dienen sollte. Er verstand es, von der Industrie, besonders von der Robert Bosch-A.G., ausreichende Mittel zur Verwirklichung seiner Pläne zu erhalten. So konnte 1920 die Landesanstalt eröffnet werden, deren Leiter WILDERMUTH bis zu seinem Tode gewesen ist.

WILDERMUTH'S Name ist für immer mit der Württembergischen Landesanstalt verbunden. Der wertvollste Teil seiner Arbeit bestand darin, daß er für die württembergischen Physiklehrer jährlich an der Landesanstalt Kurse abhielt, auf die er eine ungeheure Mühe verwendete und durch die er eine geradezu einheitliche Ausbildung der württembergischen Physiklehrer erreichte. Für jedes in dem Lehrgange zu behandelnde Gebiet stellte er Grundsätzliches, Methodisches und Didaktisches sowie wichtige experimentelle Hinweise zusammen, ließ den Text vervielfältigen und gab die Blätter an die Teilnehmer aus. Gelegentlich veröffentlichte er einzelne Aufsätze in Fachzeitschriften, z. B. auch in der vorliegenden. 1930 erschien seine Schrift „Apparate und Versuche aus der Württembergischen Landesanstalt für den Physikunterricht“, in der die wichtigsten von ihm in der Landesanstalt entwickelten Apparaturen und Versuche beschrieben sind.

WILDERMUTH suchte bei seinen Apparaten stets mit möglichst einfachen Mitteln auszukommen. An seine Geräte stellte er hohe Ansprüche. Er begnügte sich niemals mit bloßen Darbietungen, sondern forderte stets, daß gemessen wurde und brauchbare Ergebnisse herauskamen. Er selbst war ein Meister in der Kunst sauberen Messens. WILDERMUTH schätzte die angewandte Physik und die Technik sehr; für den Unterricht aber legte er den Hauptwert auf die rein wissenschaftliche Seite des physikalischen Lehrstoffes und wollte, daß auch etwas von dem philosophischen Gehalt übermittelt werde. Er war ein scharfer Kritiker und bekämpfte mit allen Mitteln die Oberflächlichkeit. Die Zuhörer eines WILDERMUTH'Schen Vortrages waren stets gefesselt durch die Gründlichkeit des Vortragenden, durch sein Temperament und seinen herzlichen schwäbischen Humor. Mit aller Energie trat er stets für das ein, was er für richtig hielt. Zäh und unermüdlich hat er seine ganze Arbeitskraft eingesetzt und dabei keine Rücksicht auf seine zarte Gesundheit genommen. Die Schonung verlangt hätte. Sein Tod bedeutet für die Sache des physikalischen Unterrichts einen sehr schweren Verlust.

#### 4. Unterricht und Methode.

Acetylenbaum. Von R. SCHARF in Berlin.

Der Verlag Chemie G.m.b.H. in Berlin W 35 hat kürzlich eine Tafel unter der Bezeichnung

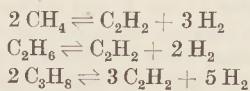
„Acetylenbaum“ herausgebracht, welche die wichtige Stellung des Acetylens in der deutschen chemischen Industrie zeigt. Die bunt ausgeführte

Tafel hat die Maße  $61 \times 86$  cm, ist mit Leisten und Aufhängevorrichtung versehen und kostet RM 3,60. Sie ist ein so wertvolles, neues Unterrichtsmittel, daß etwas ausführlicher darauf eingegangen werden soll<sup>1</sup>.

Als erste Stufe ist die Erzeugung von Calciumkarbid aus Koks und Kalk dargestellt. Deutschland war im Jahre 1934 mit 600 000 Tonnen Karbid zu etwa 20% an der Weltproduktion beteiligt. Dieser hohe Prozentsatz erklärt sich daraus, daß 1. die Rohstoff- und Energiefrage in Deutschland für diesen Stoff günstig liegt, 2. aber vor allem daraus, daß wir mehr als andere Völker auf die Verwendung heimischer Rohstoffe angewiesen sind. Ein weiterer Maßstab für die große Bedeutung der Karbiderzeugung in Deutschland ist die Tatsache, daß  $\frac{1}{15}$  der gesamten in Deutschland hergestellten elektrischen Energie im Jahre 1934/35 dafür verwertet wurde. Von diesem Karbid werden augenblicklich etwa 50–60% auf Kalkstickstoff verarbeitet, 15–20% für organische Synthesen und der Rest für Schweißzwecke und Beleuchtung verbraucht.

Der Teil des Karbids, der für die organischen Synthesen Verwendung findet, wird zunächst mit Wasser zu Acetylen umgesetzt, und von hier aus führt ein starker Stamm in die Höhe über Acetaldehyd, Essigsäure, Essigsäureanhydrid hinweg zu den verschiedenen Vorprodukten, Lösungs- und Weichmachungsmitteln, Arzneimitteln, Farbstoffen und künstlichen Kautschukarten.

In einem Seitenzweig der Tafel ist auch ein neues Verfahren zur Herstellung von Acetylen schematisch dargestellt, das immer mehr an Bedeutung gewinnt, nämlich die thermische Spaltung von gesättigten Kohlenwasserstoffen wie Methan, Äthan, Propan. Diese fallen in immer steigendem Maße bei den im Aufbau begriffenen Benzinsynthesen an. Bei der hohen Temperatur des elektrischen Flammenbogens sind die Gleichgewichte



schon recht deutlich nach der rechten Seite verschoben. Werden die doch erhitzten Gase möglichst schnell abgekühlt, so bleibt die Zusammensetzung der Gase ungefähr erhalten, und es ergibt sich ein Gasgemisch mit 15 bis 30% Acetylen, das ohne Nachbehandlung für weitere Synthesen verwendbar ist.

Bereits vom Acetylen zweigen sich seitlich als Äste die verschiedensten Vorprodukte, Lösungsmittel usw. ab. Der Weg zum synthetischen Kautschuk Buna soll hier näher verfolgt werden. Es besteht die Möglichkeit, vom Acetylen unter Vermittlung von Kupfer (I)-Komplexsalzen zum Vinylacetylen zu gelangen,



Wasserstoffanlagerung führt dann zum Butadien

$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ , welches unter Vermittlung von Katalysatoren (Natrium) zu Buna polymerisiert werden kann. Dies ist allerdings nur eine der verschiedenen Möglichkeiten.

Der von uns technisch beschrittene Weg scheint, auf dem Papier wenigstens, komplizierter zu sein, in der Praxis besitzt er natürlich seine Vorteile. An Hand der Tafel lassen sich folgende Stufen verfolgen: Zunächst geht es senkrecht in die Höhe zu dem auch für viele andere Synthesen außerordentlich wichtigen Acetaldehyd. Er wird unter Vermittlung von Quecksilbersalzen durch Anlagerung von Wasser an Acetylen gewonnen:  $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\cdot\text{CHO}$ . Seitlich zweigt sich das Acetaldehyd ab, das durch vorsichtige Behandlung des Acetaldehyds mit verdünnten Alkalien oder alkalisch reagierenden Salzen gewonnen werden kann:  $2 \text{CH}_3\cdot\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3\cdot\text{CHOH}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CHO}$ . Diese sehr reaktionsfähige Flüssigkeit kann weiter zum 1,3-Butylenglycol  $\text{CH}_3\cdot\text{CHOH}\cdot\text{CH}_2\cdot\text{CH}_2\text{OH}$  reduziert werden; als Reduktionsvorgang zweigt der Weg zum Butylenglycol nach unten ab. Durch Wasserabspaltung erhält man aus dem Butylenglycol schließlich das Butadien  $\text{CH}_2:\text{CH}:\text{CH}:\text{CH}_2$ , das dann wie oben beschrieben auf synthetischen Kautschuk verarbeitet wird.

Durch das Schema der Tafel können derartige Zusammenhänge auch bei anderen Stoffen anschaulich dargestellt werden. Vom Acetaldehyd ist z. B. auch Äthylalkohol zu erreichen; wenn dieses Verfahren zwar im Augenblick noch nicht oder nicht mehr in Anwendung ist, so können doch immerhin Ereignisse eintreten, bei denen man sich dieser Alkoholsynthese wieder bedienen wird. Eine große Reihe Lösungs- und Weichmachungsmittel sowie Arzneistoffe hängen außerdem mit dem Acetaldehyd zusammen.

Von der nächsten Stufe der Tafel, der Essigsäure, leiten sich wieder eine große Zahl Verbindungen ab. Die Bedeutung der Herstellung von Essigsäure aus Acetaldehyd bzw. Acetylen geht daraus hervor, daß im Jahre 1934/35 82% der deutschen Gesamterzeugung an Essigsäure nach diesem Verfahren hergestellt wurden. Neben der Verwendung zu Speisezwecken ist es vor allem die Lackindustrie, die besonderen Bedarf an Lösungs- und Weichmachungsmitteln hat, die zum größten Teil als Ausgangsstoff Essigsäure verlangen. Das Essigsäureanhydrid schließlich besitzt besondere Wichtigkeit für die Acetylierung der Cellulose; Acetat-Kunstseide, Schmalfilme, Röntgenfilme, Kunstpreßmassen u. a. sind die Endprodukte dieses Fabrikationszweiges.

Etwa 160 Stoffe sind im ganzen auf der Tafel untergebracht, und schon daraus ergibt sich die überragende Stellung des Acetylens in der chemischen Industrie. Durch besondere Farbgebungen (Arzneimittel = grün, Farbstoffe = gelb, Kautschukarten = rot usw.) ist eine gewisse Übersichtlichkeit gewährleistet, jedoch haben die kleinsten Rechtecke, durch welche die Stoffe veranschaulicht werden, nur die Größe  $10 \times 26$  mm. Für die Lesbarkeit der Tafel auch aus weiteren Entfernungen wäre daher eine Vergrößerung des Kartenmaßstabes wünschenswert.

<sup>1</sup> Nach einem Aufsatz von O. NICODEMUS in *Angew. Chem.* **49**, 787 (1936). Festvortrag auf dem Reichstreffen der Deutschen Chemiker in München am 8. 7. 36.

5. Technik und mechanische Praxis.

Glas als Werkstoff der Vakuumtechnik<sup>1</sup>. Von Dr. J. BÖHME in Berlin-Schöneberg.

Wer sich als Ingenieur, Techniker oder Vertriebsmann mit dem Werkstoff Glas beschäftigen muß, wird immer wieder die Beobachtung machen, daß auch heute noch vielfach beim Erzeuger wie beim Verbraucher eine gewisse Abneigung gegen diesen Werkstoff herrscht. Neben seiner viel zu sehr gefürchteten Zerbrechlichkeit, der Notwendigkeit einer Rücksichtnahme auf thermische Grenzen und gewissen Beschränkungen hinsichtlich Toleranzforderungen hat das seinen Grund vor allem in der gänzlich anderen Verarbeitungstechnik, die durch die gegenüber Metallen völlig abweichenden Eigenschaften des Glases nun einmal bedingt ist. Deshalb war die Glasverarbeitung lange Zeit eine „Kunst“, die man gern in der Technik einem kleinen Spezialistenkreis überließ, froh, sich daran nicht die Finger verbrennen zu müssen.

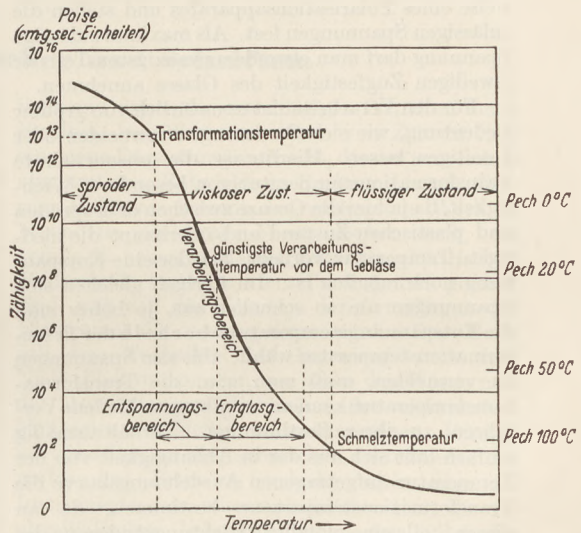
Bei der Fertigung von Glühlampen, Reklambeleuchtungen durch gasgefüllte Lampen, Rundfunk-, Verstärker- und Gleichrichterröhren, Senderöhren, Photozellen usw. wird Glas infolge seiner Vakuumdichtigkeit, der Durchlässigkeit für sichtbares Licht und seines Isolationsvermögens in großem Umfange verwendet. Außer diesen Eigenschaften läßt sich Glas mit den verschiedensten Metallen und Metallegierungen vakuumdicht verschmelzen.

Die allgemeinen Grundlagen über die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Glas können bis heute noch nicht eindeutig dargelegt werden, da die wissenschaftliche Erforschung des Glaszustandes keineswegs abgeschlossen ist. Dies liegt in erster Linie daran, daß sich Glas nicht ohne weiteres durch die bekannten Grundformen der Materie: fest, flüssig oder gasförmig, beschreiben läßt. Man gelangt zu dem Begriff einer unterkühlten Flüssigkeit, also einer Flüssigkeit, bei welcher aus irgendwelchen Gründen die Bildung von Kristallen — wie man es sonst im allgemeinen beobachtet — verhindert wird, obgleich sich der Körper in einem Temperaturbereiche befindet, in welchem die Kristallbildung stattfinden könnte. Das Verhalten von Glas, welches als Hauptbestandteil SiO<sub>2</sub> besitzt, ist dem des Pechs ähnlich. Flüssiges Pech erstarrt nicht wie ein fester Körper, z. B. ein Metall, bei einer bestimmten Temperatur, sondern es wird mit abnehmender Temperatur immer zäher und zäher. Der Zähigkeitsverlauf von Glas ist aus der Figur ersichtlich.

Unter gewissen Umständen ist es allerdings doch möglich, daß eine Kristallisation des sonst amorphen homogenen Glases auftritt. Diesen Vorgang nennt man Entglasung, eine in der Technik gefürchtete Erscheinung, da von den Stellen aus, an denen eine Kristallisation in Erscheinung tritt, sich Glassprünge bilden können. Dies ist erklärlich,

weil der Raumbedarf der Glasmoleküle im geordneten Kristallverbände geringer ist als im ungeordneten, amorphen Zustand. Bei der Verarbeitung von Glas muß man die Entglasung durch bestimmte Zusätze, z. B. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, verhindern oder den Temperaturbereich der Entglasung so schnell wie möglich durchschreiten.

Die verschiedenartigen Eigenschaften der Gläser, wie Farbigkeit, Isolierfähigkeit, Ausdehnung, chemische Widerstandsfähigkeit, hängen



Schematisches Zähigkeitsdiagramm.

von den Bestandteilen einer Glasschmelze, z. B. von B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, PbO, ZnO, CaO, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ab. Weiche Gläser besitzen in überwiegendem Maß SiO<sub>2</sub>, Hartgläser enthalten zu großem Prozentsatz B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, desgl. alkalifeste Gläser.

Da bei Glas eine Kaltverformung wegen seiner Sprödigkeit durch Ziehen oder Drücken nicht möglich ist, muß es, wie man aus der Figur erkennt, zur Weiterverarbeitung in den plastisch-viskosen Zustand übergeführt werden. Hierzu muß man wissen, daß das Gießen oder Schöpfen des Glases bei Temperaturen stattfindet, die einer Zähigkeit von 10<sup>2</sup> Poise entsprechen<sup>1</sup>. Das Glasblasen in der Hütte geschieht bei Zähigkeiten zwischen 10<sup>3</sup> und 10<sup>7</sup> Poise. Die Formung von Rohglaskolben oder -röhren erfolgt zwischen 10<sup>9</sup> und 10<sup>10</sup>, wobei am günstigsten die Zähigkeit von 10<sup>8</sup> Poise einzuhalten ist. Der Ausdruck „weiches“ oder „hartes“ Glas hängt mit der Temperatur zusammen, bei welcher die Grenze zwischen sprödem und viskossem Zustand liegt. Diese Temperatur nennt man auch Transformationstemperatur (380° bis 500° C Weichgläser, 500° bis 700° C Hartgläser).

Nach der Warmverformung des Glases ist der Arbeitsvorgang noch nicht beendet, sondern es

<sup>1</sup> Nach W. ESPE u. J. BÖHME: Glas als Werkstoff der Vakuumtechnik. Feinmechanik und Präzision. Z. Feinwerktechn. 45, 57—60, 73—76, 101—104, 115—118 (1937). H. 4, 5, 7 u. 8.

<sup>1</sup> 1 Poise = 1 cm<sup>-1</sup> g sec<sup>-1</sup> = Einheit der dynamischen Zähigkeit im CGS-System.

muß eine geeignete Abkühlung vorgenommen werden, da sonst die äußeren Glasschichten schneller abkühlen als die inneren. Ist dies der Fall, so treten Spannungen auf, die meist die Zugfestigkeit des betreffenden Glases (im allgemeinen 350 bis 850 kg/cm<sup>2</sup>) überschreiten und zum Springen des Glases führen. Solche Glasspannungen kann man qualitativ und in vielen Fällen auch quantitativ mit einem Glasspannungsprüfer durch optische Polarisation nachweisen, da gespanntes Glas optisch doppeltbrechend wird. An einem Beispiele zeigen die Verfasser die Wirkungsweise eines Polarisationsapparates und stellen die zulässigen Spannungen fest. Als maximal zulässige Spannung darf man etwa den zwanzigsten Teil der jeweiligen Zugfestigkeit des Glases annehmen.

Für den Verarbeiter ist es natürlich von größter Bedeutung, wie sich Spannungen vermeiden oder beseitigen lassen. Hierfür ist die oben erwähnte Transformationstemperatur von besonderer Wichtigkeit, da ja hier die Grenze zwischen dem spröden und plastischen Zustand und überhaupt die niedrigste Temperatur vorliegt, bei der eine Entspannung noch möglich ist. Im übrigen gleichen sich Spannungen um so schneller aus, je höher man die Entspannungstemperatur oberhalb der Transformationstemperatur wählt. Um also Spannungen zu vermeiden, muß man u. a. die Transformationstemperatur kennen; es gibt verschiedene Verfahren zu ihrer Bestimmung. Verhältnismäßig einfach läßt sich aus der in Abhängigkeit von der Temperatur aufgetragenen Ausdehnungskurve die Transformationstemperatur bestimmen, da an dieser Stelle eine plötzliche Richtungsänderung der Kurve (nach höheren Ausdehnungswerten hin) stattfindet.

Abgesehen von den Spannungen ist die Kenntnis der Transformationstemperatur für die Verschmelzung zweier Glassorten erforderlich. Die Notwendigkeit der Verschmelzung verschiedenartiger Gläser tritt oftmals in der Vakuumtechnik auf. So besteht z. B. der Glaskolben eines Vakuumpfäßes aus thermischen oder Durchsichtigkeitsgründen aus einem mittelhartem Glas, während der die Zuführungsdrähte enthaltende Quetschfuß aus Isolationsgründen aus Hartglas besteht. Da gerade bei Verschmelzung zweier verschiedener Gläser Spannungen auftreten können, muß man vorher ihr Ausdehnungsverhalten kennen. Sind zwei Gläser zu verschiedenartig, so können sie nur mit Hilfe von Zwischengläsern, deren Verschmelzung mit beiden Glasarten möglich ist, verschmelzt werden. Bei der Glas-Metallverschmelzung muß natürlich auch das Ausdehnungsverhalten beider Stoffe bekannt sein. Während man früher im wesentlichen nur Platin mit Glas verschmelzen konnte, beherrscht man heute z. B. die Technik der Eisen- oder Kupfer-Glasverschmelzung (außerdem vieler Legierungen) sehr gut.

Die Fragen der thermischen Widerstandsfähigkeit und der Wärmeleitfähigkeit werden a. a. O. ausführlich behandelt. Die geringe Wärmeleitfähigkeit ist die Ursache, daß innerhalb des Glases bei der Abkühlung große Temperaturdifferenzen und somit starke Glasspannungen auftreten.

Wenn man von den elektrischen Eigenschaften eines Glases spricht, so denkt man zuerst an seine hohe Isolationsfähigkeit. Dies trifft für niedrige Temperaturen unbedingt zu. Mit zunehmender Temperatur  $T$  sinkt jedoch der elektrische Widerstand  $R$  und somit die Isolationsfähigkeit, und zwar nach dem von RASCH und HINRICHSSEN gefundenen Gesetz:

$$\lg R = \frac{B}{T} + \lg A;$$

hierbei sind  $A$  und  $B$  Konstanten, die jedoch oberhalb der Transformationstemperatur andere Werte besitzen als unterhalb. Außer der Isolationsfähigkeit, die besonders bei Gleichrichter- und Senderöhren eine Rolle spielt, muß die Elektrolyse des Glases untersucht werden. Da Glas ein Leiter zweiter Klasse ist, kann bei bestimmten elektrischen Spannungen und Temperaturen Elektrolyse eintreten. Träger des Stromes sind in erster Linie beim Glase die Alkaliionen, die zur Seite des negativen Potentials wandern, wodurch an den positiv geladenen Teilen, z. B. an einer Anodenglasdurchführung, eine Verarmung an Alkaliionen, also eine Änderung der Glaszusammensetzung, stattfindet, die nach einiger Zeit zum Brechen des Glases führt. Im allgemeinen gilt der Grundsatz: je geringer die Leitfähigkeit, um so geringer die Empfindlichkeit gegen die zerstörenden Wirkungen der Elektrolyse.

Außer durch direkten Stromzugang kann, besonders bei Senderöhren, eine Zerstörung des Glases durch dielektrische Verluste bei Hochfrequenz vor sich gehen. Die Verluste steigen mit zunehmender Frequenz und können bei den Ultrakurzwellen ganz beträchtliche Werte annehmen; sie äußern sich durch starke lokale Wärmeerscheinungen, die besonders an den Metall-Glasverbindungen Anlaß zu Springen geben.

Von den physikalischen Eigenschaften der Gläser ist die Strahlendurchlässigkeit, besonders für sichtbares Licht, recht interessant, jedoch noch nicht hinreichend erklärt. Der Einfluß der Zusammensetzung auf Durchlässigkeit und Absorption ist nur bei wenigen Gläsern bekannt. Für einige (vielfach medizinische) Anwendungen ist die Ultraviolett- und Ultrarotdurchlässigkeit von Gläsern maßgebend.

Bezüglich des chemischen Verhaltens von Glas muß zunächst die Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Wasserdampfgehalt der Luft berücksichtigt werden. Die Widerstandsfähigkeit gegen H<sub>2</sub>O sinkt im allgemeinen mit dem Alkaligehalt und steigt mit dem Gehalt an Kieselsäure. Man hat eine hydrolytische Klasseneinteilung der Gläser vorgenommen, aus welcher der Verbraucher sofort das geeignete Glas für den von ihm gedachten Verwendungszweck feststellen kann. Besonders stark wird Glas durch Alkalien angegriffen. Dies machte sich zuerst bei den Natriumdampflampen bemerkbar; die Innenseite des Glases wurde schnell geschwärzt, so daß innerhalb einer gewissen Zeit eine völlige Absorption des Natriumlichtes durch die Glaswandungen eintrat. Man entwickelte daher sog. „alkalifeste“ Gläser, welche wenig Kieselsäure,



dagegen viel Borsäure und einen hohen Aluminiumgehalt aufweisen.

Am Schluß der Abhandlung befindet sich eine Tabelle von 81 handelsüblichen Gläsern des In- und Auslandes, aus der man die Ausdehnungseigenschaften und die charakteristischen Temperaturpunkte entnehmen kann.

#### Schrifttumverzeichnis.

Für ein eingehendes Studium der Glaseigenschaften ist außer auf zahlreiche Einzelveröffentlichungen noch auf folgende Sammelwerke hinzuweisen.

1. W. EITEL: Physikalische Chemie der Silikate. Leipzig 1929. — 2. EITEL-PIRANI-SCHEEL: Glastechnische Tabellen. Berlin 1932. — 3. W. ESPE und M. KNOLL, Werkstoffkunde der Hochvakuumtechnik. Berlin 1936. — 4. G. GEHLHOFF: Lehrbuch der technischen Physik Bd. 3: Die Physik der Stoffe. Leipzig 1929. — 5. H. JEBSEN-MARWEDEL: Glastechnische Fabrikationsfehler. Berlin 1936. — 6. H. SCHULZ: Glas. München 1923. — 7. F. SPÄTE: Weiß-, Hohl- und Geräteglas. Leipzig 1931. — 8. H. THIENE: Glas. Jena 1931.

### Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure.** Von RUDOLF ROTHE. Teil IV: Übungsaufgaben mit Lösungen; Formelsammlung. Unter Mitwirkung von O. DEGOSANG. 5. Heft: Raumkurven und Flächen; Linienintegrale und mehrfache Integrale. 54 Seiten und 46 Abbildungen im Text. Preis kart. RM 2,40. — 6. Heft: Gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen nebst Anwendungen. 51 Seiten mit 13 Abbildungen im Text. Preis kart. RM 2,40. Teubners Mathematische Leitfäden, Band 37 und 38. Berlin u. Leipzig: B. G. Teubner 1937.

Die beiden vorliegenden Hefte, die Teil III des Hauptwerkes ergänzen, schließen bis auf eine noch ausstehende Formelsammlung R. ROTHES Höhere Mathematik ab. Läßt sich allgemein sagen, daß die Teile I bis III den Aufbau des mathematischen Lehrgebäudes zum Gegenstande haben, so berücksichtigt Teil IV die Anwendungen. Die Hefte 5 und 6 lassen von neuem die Absicht erkennen, bei der Auswahl der Beispiele das Entwicklungsbedürfnis der Begriffe zur Geltung zu bringen und der Theorie einen Gegenstand zu geben in der Technik. Beschäftigung mit den einzelnen Aufgaben zeigt sehr bald, daß formal Angelerntes nicht zum Ziele führt; es bietet sich reichliche Gelegenheit zu schöpferischer Tätigkeit. Durch Vielseitigkeit der Beispiele und wechselnde Lösungsarten werden Einblicke in die Reichweite der theoretischen Entwicklungen vermittelt. Die angegebenen Lösungswege sind mit großem Geschick so gestaltet, daß für Eigentätigkeit viel Spielraum bleibt. Alles in allem vollenden die Hefte 5 und 6 den Übungsaufgabenband und damit das vorzügliche Gesamtwerk in ausgezeichnete Weise. Die Lehrer der Mathematik und Physik an unseren Schulen seien auf ROTHES Höhere Mathematik im ganzen noch einmal nachdrücklich aufmerksam gemacht.

*Mth.*

**Elektrische Meßgeräte und Meßeinrichtungen.** Von A. PALM. 231 Seiten mit 205 Abbildungen im Text und 6 Tafeln. Berlin: Julius Springer 1937. Preis geh. RM 15.—, geb. RM 16.50.

Wenn auch bereits eine Reihe ausgezeichneter Werke über das von diesem Buche behandelte Gebiet vorliegt, so erscheint es doch in Anbetracht der Tatsache, daß das in Rede stehende Gebiet einer außerordentlich schnellen Entwicklung unter-

liegt und daher die einschlägigen Schriften rasch veralten, begrüßenswert, wenn von Zeit zu Zeit eine neue Darstellung erscheint, die der inzwischen eingetretenen Entwicklung Rechnung trägt. Diesem Bedürfnis kommt das vorliegende Werk in besonders glücklicher Form insofern nach, als gerade die neuen, modernen Seiten der elektrischen Meßtechnik stark in den Vordergrund gestellt sind, während die Kenntnis der Grundlagen der Elektrotechnik vorausgesetzt wird. Das Buch soll dem Techniker und Ingenieur, auch dem Nicht-Elektroingenieur, vor allem das Wesen und die Anwendungsmöglichkeiten der elektrischen Meßgeräte und Meßeinrichtungen zeigen. Hierbei ist vor allem an die technischen Instrumente des praktischen Betriebes gedacht, nicht aber an Instrumente rein wissenschaftlicher Art, die im physikalischen Laboratorium in der Hand des geübten Fachmannes zwar wertvolle Dienste leisten, aber für die rauheren Bedürfnisse der Praxis vielfach nicht geeignet sind. Solche Instrumente sind nur insoweit behandelt, als sie als Grundlage für das Verständnis technischer Geräte erforderlich sind. Infolge des Fortfallens dieser nur für den speziellen Elektrophysiker wichtigen Gebiete ist aber das Buch auch für Unterrichtszwecke an Schulen in ganz hervorragender Weise geeignet. Außer der ausführlichen Erklärung der physikalischen Grundlagen erhält man eine Fülle wertvoller Winke für den praktischen Umgang mit den Instrumenten, allerlei Angaben über ihre Eigentümlichkeiten, über Empfindlichkeit und Eigenverbrauch, ferner auch Angaben über moderne Kleinmeßgeräte, sowie gute schematische und bildliche Darstellungen und endlich, für eingehender Interessierte, Hinweise auf das einschlägige Schrifttum. Im einzelnen werden behandelt:

1. Unter der Überschrift „Meßgeräte“: Drehspul-, Kreuzspul-, Drehmagnet- und Dreheisen-geräte, Elektrodynamometer, Drehfeld-, Hitzdraht- und elektrostatische Meßgeräte, Schwingungsinstrumente, Kontakt-, Regel- und Schreibgeräte, ferner Zubehör und Meßwandler sowie eine tabellarische Zusammenstellung nebst Erklärung der Meßwerksymbole und sonstigen Skalenzeichen.

2. Unter „Meßeinrichtungen“: Meßwiderstände, Induktivitäten und Kapazitäten, Meßbrücken und Kompensatoren, Meßvorrichtungen für Hochspan-

nung und Magnetismus, Widerstands- und Temperaturanzeiger, Fernmeßeinrichtungen u. a. m.

Wie man sieht, erscheinen also auch Geräte, die nur zum Teil noch auf elektrischem Gebiet, zum Teil schon auf dem anderer physikalischer Disziplinen liegen. Röhrengeräte sind nicht behandelt.

Infolge der Beschäftigung des Verfassers bei der Firma Hartmann und Braun treten die Erzeugnisse dieser Firma naturgemäß etwas in den Vordergrund; von den 205 Abbildungen beziehen sich 48 auf Apparate der Firma, aber auch 23 auf Apparate der Firma Siemens und Halske und 20 auf solche verschiedener anderen Firmen, woraus erhellt, daß der Verfasser auch die Konkurrenz zu Worte kommen zu lassen sich bemüht hat.

Trotz aller Anerkennung darf aber manches nicht unwidersprochen bleiben. Die Darstellung der Normal-Luftkondensatoren der PTR beruht offenbar auf einem Irrtum; solche Kondensatoren, wie auf S. 151 beschrieben, sind zwar gebaut worden, aber nicht von der PTR. Die Apparate der PTR sind völlig anders konstruiert. Auch die Meßgenauigkeit der Brücke ist zu gering angegeben. Ferner: Der Vorzug des modernen Vibrationsgalvanometers liegt in seiner magnetischen Abstimmbarekeit, eine Tatsache, deren Erwähnung wohl versehentlich unterblieben ist. Manche andere Kleinigkeit verlohnt nicht die Erwähnung. Alles das kann den Wert des Buches aber nicht verringern; eine weite Verbreitung ist ihm daher zu wünschen, zumal auch Druck und Ausstattung, nach alter Überlieferung des Verlages, ausgezeichnet sind. *G. Zickner.*

**Schule des Funktechnikern.** Von HANNS GÜNTHER und Ing. HEINZ RICHTER. 1. Band. 268 Seiten mit 226 Abbildungen. Lex. -8. Stuttgart: Franckh 1937. Preis in Leinen geb. RM 14.—

Das Buch erhebt nicht den Anspruch, ein wissenschaftliches Lehrbuch der Funktechnik zu sein; es will vielmehr alle, die beruflich oder aus Liebhaberei mit der Funktechnik sich beschäftigen und nicht über eine ausreichende physikalische Allgemeinbildung verfügen, auf eine möglichst einfache und leichtverständliche Art in die elektrotechnischen Grundlagen ihres Arbeitsgebietes einführen.

Einem einleitenden Kapitel über den Beruf des Funktechnikern folgt die Darstellung der elektrotechnischen Grundlagen. Recht kurz werden die allgemeinen elektrischen Grundbegriffe abgetan. Der Begriff des Elektrons wird an die Spitze gestellt; wir lesen gleich am Anfang dieses Kapitels: „Viele Wassertropfen bilden eine bestimmte Wassermenge. Es gibt auch Elektrizitätsmengen, und sie setzen sich aus kleinen Elektrizitätsteilchen zusammen, die man Elektronen nennt.“ Und nun werden auf dem knappen Raume von kaum zwei Druckseiten die Grundbegriffe Spannung, Stromstärke, Leiter, Nichtleiter, Widerstand, Pol, Anode, Kathode, Gleichstrom, Wechselstrom, Frequenz, Periode und die Einheiten Volt, Ampere, Ohm, Hertz behandelt. Für den Funktechnikern besonders wichtige Gebiete der allgemeinen

Elektrotechnik, wie das OHMSche Gesetz für Gleich- und Wechselstrom, die Blindwiderstände, die Schwingungs- und Resonanzerscheinungen und die Elektronenröhren, erfahren eine ausführlichere Darstellung. Die Ausführungen des dritten und vierten Kapitels über den heutigen Entwicklungsstand der eigentlichen Funktechnik sind sehr gründlich und enthalten mehr, als man in den meisten Büchern, die für ähnliche Zwecke geschrieben sind, gemeinhin findet. Nach einer mehr allgemeinen Beschreibung der Sender und Empfänger werden die wichtigsten Geradaus- und Superhet-Empfänger ausführlich behandelt. Der Leser wird auch über alle Neuerungen in der Funktechnik, wie Schwundausgleich, Abstimmanzeiger, Stillabstimmung, selbsttätige Scharfabstimmung, Bandbreiteregung, eingehend unterrichtet und erfährt darüber hinaus über die Randgebiete der Funktechnik, das Fernsehen und den Tonfilm, das für den Laien Wissenswerte.

Die wichtigsten Formeln sind angegeben, doch wird auf ihre Herleitung verzichtet. Die zahlreichen Aufgaben am Ende der einzelnen Abschnitte werden dem Lernenden willkommen sein.

Noch einige Bemerkungen: Die Formeln (22) und (24) auf S. 35 sind falsch und werden am besten gestrichen; gemeint ist hier offenbar

$$L = \frac{1}{\frac{1}{L}} \quad (22) \quad \text{und} \quad C = \frac{1}{\frac{1}{C}} \quad (24).$$

Auch die Bemerkung auf S. 260 muß entsprechend berichtigt werden. Ebenso werden die Formeln (53) und (53a) auf S. 171 besser fortgelassen, da die am belasteten Gleichrichter vorhandene Klemmenspannung bei steigender Belastung nicht linear abfällt; ihr Höchstwert ist durch Formel (52) gegeben. *W. Spreen.*

**Physik und Technik der ultrakurzen Wellen.** 2 Bände. Von Dr.-Ing. H. E. HOLLMANN. Erster Band: Erzeugung ultrakurzwelliger Schwingungen. IX, 326 Seiten mit 381 Textabbildungen. Preis geb. RM 36.—. Zweiter Band: Die ultrakurzen Wellen in der Technik. VIII, 306 Seiten mit 283 Textabbildungen. Berlin: Julius Springer 1936. Preis geb. RM 33.—.

In wenigen Jahren — die eigentliche Arbeit hat erst um das Jahr 1925 eingesetzt, die Vorarbeiten reichen etwa 5 Jahre weiter zurück — ist mit der Erzeugung und der Benutzung der ultrakurzen Wellen in der Hochfrequenztechnik ein ganz neues umfangreiches Arbeitsgebiet erschlossen worden; noch immer ist die Entwicklung stürmisch und längst nicht beendet; immer neue Entdeckungen werden gemacht, und immer neue Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich dank der unermüdbaren Forschung. H. E. HOLLMANN zählt zu den Pionieren der Ultrakurzwellentechnik und beherrscht das Gebiet bis in alle Einzelheiten. Das zeigen die beiden Bände, in denen er einen zusammenfassenden und erstaunlich eingehenden Bericht über die geleistete Arbeit gibt. Auf eine Zusammenfassung aller bisher im In- und Auslande erschienenen (auch theoretischen) Arbeiten ist es

dem Verfasser offenbar angekommen, und es ist auf diese Weise ein Nachschlagwerk entstanden, das sicherlich dem Fachmann sehr willkommen ist. Dem ferner stehenden Leser wäre es wohl angenehmer gewesen, wenn insbesondere die theoretischen Abhandlungen des ersten Bandes mehr gekürzt wären, was das Lesen erleichtert hätte; so ist es oft nicht ganz einfach, den Kern zu finden, auf den es ankommt. BARKHAUSEN gibt in seinen Büchern am Schluß eines Kapitels oft eine Zusammenfassung des Inhalts, was dem Leser sehr hilft, das Wesentliche herauszufinden; vielleicht wäre ein solches Verfahren für die vorliegenden Bücher auch zweckmäßig gewesen. — Im ersten Band erörtert HOLLMANN die Erzeugungsverfahren der ultrakurzen Wellen, unter denen man die Wellen von 10 m bis 1 mm Länge versteht; daneben besitzen die Wellen von 1 m bis 20 cm Länge auch die Bezeichnung Dezimeterwellen, dann bis 1 mm Länge die Benennung „Mikrostrahlen“. Frequenzen, entsprechend der Wellenlänge 1 m, lassen sich noch mit den normalen Rückkopplungsschaltungen erzeugen, falls an den Wirkungsgrad des Generators keine großen Anforderungen gestellt werden. Dezimeterwellen werden entweder mit Generatoren nach dem Bremsfeldverfahren erzeugt, das BARKHAUSEN und KURZ zuerst angegeben haben (Elektronengenerator nach BARKHAUSEN-KURZ und GILL-MORELL) oder auch mittels des von HULL gefundenen „Magnetron“, bei dem die Steuerung der Elektronen durch ein quer gerichtetes Magnetfeld erreicht wird. Eine Abart des Magnetron ist der Habann-generator, mittels dessen sich mit gutem Wirkungsgrade (50% und mehr) Frequenzen herstellen lassen, die der Wellenlänge 1 cm entsprechen; für die Erzeugung so hoher Frequenzen scheint dem Habann-generator die Zukunft zu gehören. Allen diesen Dezimeterwellen-Generatoren ist gemeinsam, daß die hohe Frequenz nicht mehr durch äußere Systeme (Schwingungskreise), sondern in der Röhre selbst erzeugt wird, wobei zur Ausführung der Wechselströme aus der Röhre Parallel-drahtsysteme (Energieleitungen) benutzt werden. Der zweite Band schildert die Empfangsverfahren der kurzen Wellen, ihre Ausstrahlungsarten (Bündelung), die Benutzung in der Technik und Medizin; ein weiteres Kapitel ist Demonstrationsversuchen mit kurzen Wellen und das letzte Kapitel der Meßtechnik gewidmet. Hier kann nur ein kurzer Auszug des Gesamtinhaltes gegeben werden, wobei die technischen Anwendungsverfahren wohl das meiste Interesse haben. Die Verwendung der Wellen um 7 m als Übertragungsmittel zum Fernsehen ist bekannt; hier werden noch Rundstrahler benutzt, die eine allseitige Ausbreitung der Wellen ermöglichen. Die Senderleistung (Rückkopplungssender) kann hier noch so gesteigert werden, daß die Feldstärken am Empfangsort ausreichend sind. Bei noch höheren Frequenzen wird Bündelung und Richtsendung der Wellen hergestellt, was durch parabolische Anordnung von Antennengebilden geschieht. Diese Verfahren haben zu umfangreicher Ausnutzung der Wellen zur Navigation bei Nebel ge-

führt, wobei auch die Flugnavigation schon einbezogen wird, wenngleich hier noch die Entwicklung nicht abgeschlossen ist. Auf Dezimeterwellen ist eine Bündelung und Richtgebung nach rein optischen Verfahren möglich, am bekanntesten sind die Telephonieanlagen über den englischen Kanal geworden. Die militärische Ausnutzung der kurzen Wellen für Telegraphie und Telephonie ist sicher schon umfangreich, sie entzieht sich jedoch der Kenntnis der Öffentlichkeit. — Die Verwendung der kurzen Wellen in der Medizin ist in starker Entwicklung begriffen, so daß sich ein sicheres Urteil noch nicht gewinnen läßt. Die Therapie mit niederen Frequenzen ( $\lambda = 300$  m) ist schon länger bekannt; weit höhere Frequenzen ( $\lambda = 3$  m) unterscheiden sich in ihrer Wirkung auf den Körper durch ihre Tiefenwirkung; sie erwärmen unmittelbar innere Organe, während die Wirkungen der langen Wellen sich zunächst nur an der Körperoberfläche bemerkbar machen. Bei der Ultrakurzwellentherapie wird der Körper mittels Kondensatorplatten dem elektrischen Felde des Generators ausgesetzt, dessen Leistung (HOLLMANN benutzt — leider — für diesen Begriff, wie in vielen technischen Büchern üblich, den Ausdruck „Energie“) 100 bis 400 W beträgt. — Neben den Wärmewirkungen bestehen aber auch rein biologische Wirkungen des Wechselfeldes, wie umfangreiche Tier- und bakteriologische Versuche beweisen. Es ist zu hoffen, daß sich in Zukunft Heilungsverfahren bakteriologischer Krankheiten (z. B. für Tuberkeln) finden lassen werden. — Das Kapitel über Demonstrationsversuche bringt nichts wesentlich Neues. Versuche mit Dezimeterwellen würden für Lehrzwecke von größtem Interesse sein, aber leider stehen die dazu notwendigen Röhren der allgemeinen Benutzung bis heute nicht zur Verfügung. — Am Schluß sei noch der Hinweis gestattet, daß in den Büchern für Spannungen stets das Zeichen E statt U benutzt wird, entgegen dem Vorschlage des AEF, der das Zeichen U eingeführt wünscht. Es wäre an der Zeit, daß die AEF-Bezeichnungen endlich allgemeine Anerkennung fänden.

Fr. Moeller.

**Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik.** Von L. BERGMANN. DIN A 5, 230 Seiten mit 148 Abbildungen und 24 Zahlentafeln. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H. 1937. Preis RM 18,50 (VDI-Mitglieder RM 16,65).

Da die Ultraschallwellen heute ein für die wissenschaftliche Forschung und für die Technik unentbehrliches Hilfsmittel sind, ist es notwendig geworden, daß die zahlreichen, auf diesem Gebiete der physikalischen Technik in den letzten Jahren erschienenen Abhandlungen einmal von berufener Seite zusammengefaßt werden, und so wird das Erscheinen des vorliegenden Buches, dessen Verfasser selbst hervorragend an der Entwicklung der Ultraschallphysik und -technik beteiligt ist, von weiten Kreisen begrüßt werden.

Im ersten Teile des Buches werden die Vorrichtungen zur Erzeugung, Erkennung und Messung des Ultraschalles beschrieben. Als ältere Vorrichtung zur Erzeugung von Schallschwingungen,

die über der menschlichen Hörbarkeitsgrenze liegen, ist die Galtonpfeife zu nennen, die aber nur Schwingungen bis etwa 100 kHz erzeugt und auch nur schwache Energien liefert. Zu wesentlich höheren Schwingungszahlen und größeren Leistungen gelangt man, wenn man die elektrischen Schwingungen, die mit Elektronenröhren erzeugt werden, unter Ausnutzung des magnetostriktiven oder des piezoelektrischen Effektes in mechanische Schwingungen gleicher Frequenz umwandelt. Durch Verwendung solcher quartzesteuerten Sender hat man Ultraschallschwingungen von der Frequenz  $5 \cdot 10^7$  Hz erhalten. Zum Nachweis und zur Messung des Ultraschalles lassen sich im Gebiete der niederen Ultraschallfrequenzen noch die Methoden benutzen, mit denen man bei den hörbaren Schallschwingungen arbeitet, z. B. die Methode zur Sichtbarmachung stehender Schallwellen durch Staubeilchen, die A. KUNDT angegeben hat, oder die auf thermischen Wirkungen beruhenden Einrichtungen. Die Schallintensität kann durch Messung des Schallstrahlungsdruckes mit dem Radiometer ermittelt werden. Weit genauere und empfindlichere Schallempfänger erhält man durch Ausnutzung des reziproken piezoelektrischen Effektes. Insbesondere hat aber die Beugung des Lichtes, die sowohl an fortschreitenden als auch an stehenden Ultraschallwellen möglich ist, zu Meßmethoden im Gebiete des Ultraschalles geführt, die an Genauigkeit kaum zu übertreffen sind.

Der zweite Teil des Buches ist den schon heute sehr zahlreichen Anwendungen gewidmet, von denen nur die wichtigsten hier erwähnt werden sollen. So lassen sich Schallgeschwindigkeitsmessungen in festen, flüssigen und gasförmigen Körpern wesentlich genauer und einfacher mit dem Ultraschall durchführen als nach den bisherigen Verfahren. Bei bekannter Schallfrequenz ergibt sich eine neue Methode zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit in Luft oder in irgendeinem anderen Medium, die den klassischen Methoden von FIZEAU und FOUCAULT an Formvollendung nicht nachsteht, sie aber in der Einfachheit der Durchführung übertrifft. Unter den technischen Anwendungen ist in erster Linie die Verwendung in den Unterwasserschallapparaten zu nennen, die der Nachrichtenübermittlung oder der Standortpeilung oder auch der Bestimmung der Meerestiefe (Echolot von BEHM) dienen. Weiter darf man gespannt sein auf die Ergebnisse, die mit der Verwendung des Ultraschalles zur Prüfung der Werkstoffe erzielt werden. Unter Benutzung der großen Schallintensitäten, die sich mit dem Ultraschall erzielen lassen, gelingt die Herstellung hochdisperser kolloidaler Lösungen sehr vieler Metalle, Öle und Fette in Wasser, während umgekehrt in den Aerosolen (Rauchen und Nebeln) eine Koagulation der Teilchen sich erreichen läßt. Die beim Durchgang von Ultraschallwellen durch ein flüssiges Medium innerhalb jeder Periode sich einstellenden Druckschwankungen, die mehrere Atmosphären betragen können, lassen sich zur Entgasung von Flüssigkeiten und Schmelzen verwenden. Ebenso liegt eine große Reihe Beobachtungen vor,

die eine Beeinflussung chemischer Vorgänge durch den Ultraschall vermuten lassen, wobei aber noch die Frage zu klären ist, ob und wie weit die chemische Wirkung sekundärer Art ist, etwa die Folge der Erwärmung oder der Druckänderung. Auch bei den beobachteten biologischen Wirkungen, deren Erforschung ebenfalls noch in den Anfängen steckt, scheinen thermische und mechanische Einflüsse mitbeteiligt zu sein.

Es konnte in den vorausgehenden Zeilen nur in großen Zügen der überaus reichhaltige und anregende Inhalt des Buches angedeutet werden. Die hier angeschnittenen Fragen gehen nicht nur den technischen Physiker an, sondern weiteste Kreise der Naturwissenschaftler werden sich mit den Fragen der Ultraschallforschung zu befassen haben. Dies gilt besonders auch von den Lehrern an den höheren Schulen, denen das Buch von BERGMANN ein wertvoller Ratgeber sein wird; der Physikunterricht der höheren Schule wird in Zukunft nicht mehr am Ultraschall vorbeigehen können, wenn er lebensnah bleiben will. Besonders begrüßen wird der weiter strebende Leser das ausführliche Literaturverzeichnis, das 483 Abhandlungen aufführt.

W. Spreen.

**Grundzüge der Chemie und Mineralogie.** Von R. ARENDT. Gesamtausgabe für Ober- und Unterstufe realer Lehranstalten. 16. Auflage von L. DOERMER. XII, 352 Seiten mit 242 Abbildungen im Text, einem Titelbild und einer Buntdrucktafel. Leipzig: L. Voß 1937. Geb. RM 6.30.

Von einem Chemie-Lehrbuch, das bereits in der 16. Auflage erscheint, darf man erwarten, daß es jeder Chemielehrer in einer der früheren Auflagen kennt. Die Einstellung und der Aufbau des Buches sollen daher als bekannt vorausgesetzt werden. Wesentlich sind bei diesem Buche die in großer Zahl angegebenen Schülerversuche, besondere Hinweise auf die bekannte „Technik der Experimentalchemie“ der gleichen Verfasser machen dem Lehrer die Vorbereitungsarbeit so bequem wie möglich. Ich habe mich davon überzeugt, daß auch die neuesten, für die Durchführung des Vierjahresplanes wichtigen Ergebnisse der technischen Chemie in dem Buche bereits aufgenommen sind.

Im ganzen gesehen liegt hier ein Buch vor, das als Lehrbuch rückhaltlos empfohlen werden kann.

R. Scharf.

**Lehrbuch der anorganischen Chemie.** Von A. F. HOLLEMAN, 21. Auflage, bearbeitet von E. H. BÜCHNER. 507 Seiten (mit 85 Figuren und einer Spektraltafel). Berlin u. Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1937. Preis geb. RM 14.—.

Daß ein neuer anorganischer „Holleman“ erschienen ist, wird von allen seinen Freunden auf das herzlichste begrüßt werden, denn die 20. Auflage liegt bereits etwa 7 Jahre vor der jetzigen. Wenn auch die gewaltigen Fortschritte der Chemie in den letzten Jahren hauptsächlich auf organischen Gebieten liegen, so hat doch auch der anorganische Teil dieser Wissenschaft nicht stillgestanden. Während es im ersten Falle besonders

die Auswirkungen der Wissenschaft auf die chemische Industrie waren, welche die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich zogen — ich erinnere an Buna, synthetisches Benzin, Kunststoffe u.a. —, so hat sich die anorganische Chemie während dieser Zeit besonders nach der rein wissenschaftlichen Seite hin weitgehend entwickelt. Die neueren Ergebnisse der Physik haben einen immer größeren Einfluß auf die grundlegenden Anschauungen über Atom- und Molekülbau, den Atomkern, die Kristallgitter usw. gewonnen, so daß es wohl angebracht erscheint, ein Buch zu Rate zu ziehen, das diese neuesten physikalisch-chemischen Tatsachen eingehend berücksichtigt. Dies ist im neuen „Holleman“ durchaus der Fall, so daß er seinen Platz unter den chemischen Lehrbüchern behaupten wird.

*R. Scharf.*

**Lehrbuch der organischen Chemie.** Von P. KARRER. 5. Auflage, 973 Seiten mit 6 Abbildungen. Leipzig: Georg Thieme 1937. Preis geb. RM 36.—.

Nach kaum 1½ Jahren ist wieder eine neue Auflage des Lehrbuches von KARRER nötig geworden, ein Zeichen für die Beliebtheit des Buches. Wie ich schon in meiner Besprechung der 3. Auflage<sup>1</sup> betonte, ist es für den Schulchemiker mehr ein Nachschlagebuch der rein wissenschaftlich eingestellten organischen Chemie als ein Lehrbuch. Bei der raschen Aufeinanderfolge der Auflagen ist es selbstverständlich, daß der letzte Stand der Wissenschaft berücksichtigt wurde. So sind z. B. in dieser Auflage wieder die Kapitel über Hormone, Vitamine u. a. neu bearbeitet worden; ein Kapitel über Carbolin-Alkaloide und eine Isomeren-Tabelle wurden neu aufgenommen.

Abgesehen von dem Fehlen jeglicher technischer Hinweise ist das Buch so vielseitig, daß es in keiner Lehrerbücherei fehlen sollte. *R. Scharf.*

**Leitfaden für die chemischen praktischen Übungen.** Von Prof. Dr. LEOPOLD STERNHAGEN. Mit 29 Abbildungen im Text. Leipzig u. Wien: Franz Deuticke 1936. Preis kart. RM 2.40.

Der für österreichische höhere Schulen mit freiwilligen, nicht mit dem Klassenunterricht verwebten Übungen bestimmte Leitfaden ist naturgemäß in seiner Stoffauswahl und -anordnung freier als ein Leitfaden für eingebaute Übungen. Der Stoff gliedert sich in vier Abschnitte: Der vorbereitende Lehrgang umfaßt die gebräuchlichsten chemischen Fertigkeiten und einige Versuche aus der anorganischen Chemie. Der zweite Abschnitt über Nichtmetalle und Metalle soll sich nach dem Willen des Verfassers an den chemischen Klassenunterricht anschließen. Die beiden letzten Abschnitte behandeln die organische Chemie und die quantitative Analyse und schließen mit einigen quantitativen Fällungs- und Maßanalysen ab.

Die Versuche knüpfen an eine an der Realschule III in Wien von Prof. FRIEDR. BRANDSTÄTTER geschaffene Tradition an und enthalten daher zahlreiche bewährte Versuche dieses hochgeschätzten Experimentators.

Für reichsdeutsche Schulen kommt der Leitfaden nicht in Frage, weil er den hier geltenden Richtlinien für den chemischen Unterricht nicht entspricht und der Verfasser das neuere reichsdeutsche Schrifttum so gut wie nicht berücksichtigt hat.

Daß der Versuch mit der Kerze unter einem Becherglas über Wasser die „quantitative“ Zusammensetzung der Luft liefert, daß statt der Magnesiastäbchen noch Platindraht Verwendung findet, daß für die Glasätzung mit Flußsäure Uhrgläser benutzt werden und daß die Prüfgläser in Österreich immer noch „Eprovetten“ heißen, mag nur nebenbei bemerkt werden. *Dm.*

**Quantitative Analyse.** Von O. BRUNCK. Mit 223 Seiten und 8 Abbildungen. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopff 1936. Preis geb. RM 9.—.

Ein für die Hand des Lehrers an einer Oberschule wohl brauchbares Werk liegt vor. Wenn auch der quantitativen Analyse im Unterricht und Praktikum der Chemie wenig Raum gelassen werden kann, so ist es doch in manchen Fällen für den Lehrer — auch für den Schüler einer Oberklasse — sehr erwünscht, in der Bücherei ein Werk zu finden, wo er über wirklich erprobte analytische Verfahren nachschlagen kann. Der Verfasser hat den Stoff im Sinn eines geplanten Lehrbuchs seines Lehrers CLEMENS WINKLER geordnet. Die übliche Teilung in einen allgemeinen und einen praktischen Teil ist durchgeführt. Neuartig dagegen ist die Anordnung der Analysenvorschriften in fortlaufender Numerierung, die durch verstärkten Druck am Texttrand hervorgehoben ist und sehr übersichtlich wirkt. Hinsichtlich des Inhalts hat der Verfasser seine Absicht folgerichtig durchgeführt, nur Verfahren aufzunehmen, die erprobt waren, und bei denen weniger Wert auf verwickelte und teure Apparaturen als auf manuelle Geschicklichkeit gelegt wurde. Die normale Zweiteilung des praktischen Teils in Metall- und Metalloidanalysen ist beibehalten worden. Von besonderem Interesse sind auf gründlicher eigener Erfahrung beruhende Angaben im allgemeinen Teil, so z. B. das Kapitel 5 (Lösen und Aufschließen) und Kapitel 12 (Tagebuch). Die Ausstattung des preiswerten Werkes durch den Verlag ist schlicht und vorzüglich.

*G. Mangliers.*

**Einfache Lehrversuche mit Aluminium und seinen Legierungen.** Von H. PRICKS. Berlin: Verlag Aluminium-Zentrale 1937. Preis RM 1.50.

In einer Sammelmappe sind 28 Blätter vereinigt, welche die Beschreibung von etwa 20 Versuchen mit Aluminium und seinen Legierungen enthalten. Daneben werden auf einigen dieser Blätter Diagramme gezeigt, die wirtschaftliche Fragen behandeln. Diese graphischen Darstellungen, es sind im ganzen sechs, sind gleichzeitig als Zellglas-Diapositive dem Buche beigegeben, um sie im Unterrichte besser verwerten zu können.

Die aufgeführten Versuche betreffen physikalische Eigenschaften (Dichte, Wärmeleitfähigkeit usw.), chemische Eigenschaften (Verhalten gegen Alkalien, Korrosion), Oberflächenbehand-

<sup>1</sup> Diese Zeitschrift 47, 189 (1934).

lung (MBV- und Eloxalverfahren), Aushärtung der Aluminiumlegierungen. Es sind nur die aller-einfachsten Versuche, die an sich nichts Neues bieten, aufgenommen; sie werden teilweise nicht voll ausgewertet. So läßt z. B. der Verfasser den bei der Einwirkung von Natronlauge auf Aluminium entstehenden Wasserstoff nicht beobachten. In gewissem Gegensatze dazu stehen die starren Angaben bei manchen Versuchen, z. B. sollen zum Bestimmen der Dichte verschiedener Aluminiumlegierungen Metallzylinder von 20 mm Durchmesser und 31,85 (!) mm Höhe verwendet werden, nur aus dem Grunde, damit der Rauminhalt genau  $10 \text{ cm}^3$  und die Rechnung möglichst einfach werde. Eine Eigentümlichkeit muß bei dieser Gelegenheit erwähnt werden: Der Verfasser spricht bei festen Stoffen stets von Raumeinheitgewicht statt von der Dichte (er benutzt aber einen „Dichtemesser“ zur Bestimmung der „Dichte“ von Flüssigkeiten). Ähnliche, von der Norm abweichende Bezeichnungen finden sich noch mehrere in dem Buche.

Für den Unterricht an Berufsschulen wird das Heftchen gute Dienste leisten, es müßte allerdings verlangt werden, daß bei einer späteren Neuauflage normgerechte Bezeichnungen gewählt werden.

*R. Scharf.*

**Praktische Übungen zur Chemie der Nahrungsmittel.** Von J. KRUSE. 64 Seiten mit 8 Abbildungen. Frankfurt a. M.: Moritz Diesterweg 1936. Preis RM 1.40.

Der Verfasser hat es sich zur Aufgabe gemacht, für den Chemieunterricht an 3jährigen Frauenschulen und verwandten Bildungsanstalten eine Reihe Übungsaufgaben zusammenzustellen, welche die Schülerinnen in die Chemie der Nahrungsmittel einführen sollen. Der Umfang des Stoffes ist durch die Tatsache gegeben, daß für diese Übungen ein halbes Jahr mit 20 Doppelstunden zur Verfügung steht.

In dem Buche werden 28 Aufgaben gestellt, deren jede mehrere Versuche einschließt und zu einem gewissen Abschluß gebracht wird. Um ein Bild von der Art dieser Aufgaben zu geben, sei wahllos eine herausgegriffen und näher erläutert, z. B. Aufgabe 9: „Qualitative Zusammensetzung der Milch.“ Wie bei allen anderen Aufgaben wird zunächst das Material genannt, nämlich 200 g frische Vollmilch. Anschließend werden die benötigten Reagenzien aufgezählt und schließlich die erforderlichen Geräte. Versuch 1 enthält eine Anweisung zur mikroskopischen Untersuchung der Milch. Die Größe der zu beobachtenden Tröpfchen wird mitgeteilt. Versuch 2 behandelt das Ausäthern der Milch. Es wird kein Fett gelöst, daher wird die schützende Eigenschaft der Eiweißhülle mitgeteilt. Im Versuch 3 wird diese Eiweißhülle durch Natronlauge zerstört, und anschließend wird ausgeäthert. Erklärung des Vorganges beim Buttern. Der 4. Versuch zeigt das Gerinnen des Milcheiweißes bei Zusatz von Essig. Versuch 5 läßt das Kasein durch Lab zum Gerinnen bringen. Im Versuch 6 wird gezeigt, daß außer dem Kasein noch andere Eiweißarten in der Milch enthalten sind. Versuch 7 be-

schäftigt sich mit dem Milchzucker. Im 8. Versuch werden schließlich die in der Milch enthaltenen Mineralsalze nachgewiesen; es wird ferner auf den Gehalt an Fermenten und Vitaminen hingewiesen. Am Schlusse der Aufgabe wird eine kurze Reinigungsvorschrift für die verwendeten Geräte gegeben.

Wie an vielem anderen, so kann man auch an dieser letzten Angabe erkennen, daß das Buch so recht aus der Praxis des täglichen Schulunterrichtes entstanden ist. Ich muß es mir versagen, auf die anderen Aufgaben näher einzugehen; ich glaube jedoch an dem einen Beispiele gezeigt zu haben, worauf es dem Verfasser ankommt.

Das Buch wird sicherlich nicht nur in Mädchenschulen Anklang finden, sondern es wird auch für manche Arbeitsgemeinschaft an einer Jungenschule geeigneten Stoff hergeben können.

*R. Scharf.*

**Chemie und Luftschutz.** Von Dr. P. PUDSCHIES und A. SCHÖN. Für Volks-, Mittel- und Berufsschulen. 187 Seiten mit 77 Abbildungen im Text. Berlin: Albert Nauck & Co. 1937. Preis RM 4.

Schüler auf rein induktivem Wege bis zu dem erkenntnismäßigen Verständnis aller chemischen Vorgänge zu führen, die sich um sie herum abspielen, ist wegen der Beschränkung der Zeit und des Anwachsens des Stoffes nicht möglich. Die Verfasser führen den Lernenden daher unter Verzicht auf die Erarbeitung von Einzelkenntnissen zugunsten der Gewinnung größerer Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten bewußt auf einem von den bisherigen abweichenden Wege zu dem geforderten Verständnis. Das Stoffgebiet ist unter Aufrechterhaltung der induktiven Methode im Rahmen des Möglichen im wesentlichen aufgeteilt nach Vorgängen. So wird zunächst der Verbrennungsvorgang an den verschiedensten Elementen (Metalle, Wasserstoff, Phosphor, Schwefel, Kohlenstoff) dargestellt. An den Phosphor und Schwefel schließt sich gleich ein Abschnitt über Zündhölzer, an den Kohlenstoff Abschnitte über Heizung, Beleuchtung, Motorbetriebstoffe und Sprengstoffe an. Die Einführung der chemischen Zeichen erfolgt im Anschluß an den ersten Versuch, die formelmäßige Darstellung umkehrbarer Vorgänge bei der Zerlegung der Quecksilberasche. Atomgewicht, Molekulargewicht, chemische Gleichungen und Wertigkeit werden schon sehr früh eingeführt, um die weitere Stoffverarbeitung zu erleichtern. An den Verbrennungsvorgang schließen sich Abschnitte über Sulfide, Reduktion und Metallgewinnung, Säuren, Basen, Salze, Luftschutz an. Nach der Darstellung der chemischen Bestandteile des Pflanzen- und Tierkörpers und der Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze folgen die wichtigsten Stoffe aus der belebten Natur. Chemische Vorgänge bei der Verdauung und ein kurzer Abschnitt: Kampf dem Verderb, bilden den Beschluß des Buches.

Die Verfasser sind bemüht, bis zum Schlusse stets den Versuch (insgesamt 334) in den Vordergrund zu stellen, Erkenntnisse auf Grund der Anschauung zu erarbeiten, die Beobachtung zu wecken und zu fördern.

Mancher wird in dem Buch eine Darlegung der Verschiebung in dem Verbrauche der uns mangelnden Schwermetalle zugunsten der Leichtmetalle, der Erzeugung künstlichen Gummis sowie der Herstellung und der vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Kunst- und Preßstoffe vermissen.

*K.-E. Dörmer.*

**Der Klassiker der Kathederblüte.** Gesammelte Aussprüche J. G. A. GALLETTIS, ergötzlich und nachdenklich zu lesen. Herausgeg. von ARTHUR HÜBSCHER. 113 Seiten. 3. bis 5. Tausend. München: R. Piper u. Co. 1936. Preis kart. RM 2,40; Leinen RM 3,20.

Das Vorwort gibt einen Überblick über Lebenslauf, Wirken und Veröffentlichungen des unfreiwilligen Begründers der Kathederblüten JOHANN GEORG AUGUST GALLETTI. In 451 Aussprüchen werden dann die vorhandenen Quellen zusammengestellt, die der Herausgeber ergänzt und nach Sachgebieten geordnet hat. „Der erste, der an einem zappelnden Frosch den Galvanismus feststellte, ist der mit Recht so genannte Galvani“, steht z. B. im Abschnitt Astronomie und Physik. Mathematik und Arithmetik weisen den Ausspruch auf: „Für den pythagoreischen Lehrsatz gibt es mehr als 20 Beweise, welche alle von den beiden Katheten anfangen, und mit der Hypotenuse aufhören.“ Aus Naturgeschichte und Produktenkunde ist zu entnehmen: „Regen und Wasser gibt es wohl mehr als Menschen.“ Ferner: „Was wird besonders aus Eisen verfertigt? Porzellan.“ Wer sich den Sinn für lustige Heiterkeit bewahrt hat und Gelegenheit zu herzlichem Lachen zu schätzen weiß, wird bei der Durchsicht des Buches voll auf seine Rechnung kommen. Der Herausgeber hat mit der Bearbeitung dieser ergötlichen Kathederblüten eine dankenswerte Arbeit geleistet, der viel Erfolg zu wünschen ist.

*Mtth.*

**Formelsammlung zur praktischen Mathematik.** Von GÜNTHER SCHULZ. 147 Seiten, 10 Abbildungen. Band 1110 der Sammlung Göschen. Berlin u. Leipzig: Walter de Gruyter u. Co. 1937. In Leinen geb. Preis RM 1,62.

Die 7 Abschnitte behandeln: Allgemeine Hilfsmittel; Ausgleichsrechnung; Auflösung von Gleichungen; Interpolation; Quadratur und Summation; Annäherung willkürlicher Funktionen durch Reihen gegebener; Integration von Differentialgleichungen. Ein Schrifttumsverzeichnis und ein besonders dankbar zu begrüßendes Sachregister bilden den Schluß.

Wer selbst die Erfahrung gemacht hat, wie mühsam es ist, nach Wegen und Formeln zu suchen, die für nicht alltägliches Zahlenrechnen notwendig sind, wird das Erscheinen dieser Sammlung mit lebhafter Freude begrüßen. Der geschickt zusammengestellte Stoff wird durch Beispiele so erläutert, daß man die Sätze, Regeln und Formeln praktisch auch wirklich anwenden kann. Die den Einzelabschnitten angefügten Schrifttumsangaben geben wertvolle Anregungen für vertiefte Be-

schäftigung mit dem Dargebotenen. Der Berichter hat willkürlich herausgegriffene Verfahren an einfachen Zahlenbeispielen ausgeprobt und dabei den Eindruck der Zuverlässigkeit des Buches gewonnen. Dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrer an höheren Schulen kann dieser Göschenband für praktische Benutzung durchaus empfohlen werden.

*Mtth.*

**Physik für die Oberstufe.** Von KLEIBER-NATH. 21. Aufl. X und 454 Seiten mit über 800 Abbildungen und 2 Anhängen: Elemente der Astronomie und Strömungs- und Fluglehre. München u. Berlin: R. Oldenbourg 1937. Preis geb. RM 5,40.

Die vorliegende 21. Auflage des weithin bekannten Lehrbuches weicht von der vorhergehenden nur in unwesentlichen Punkten ab. Größere Änderungen wurden zurückgestellt, da die Richtlinien zur Reichsschulreform bei der Bearbeitung der Auflage noch nicht vorlagen. Mit Rücksicht darauf soll von einer eingehenden Würdigung hier abgesehen werden, zumal erst kürzlich die 20. Auflage besprochen wurde [vgl. diese Zeitschr. 50, 211 (1937)]. Die Tatsache, daß die neue Auflage so schnell notwendig wurde und das Buch nunmehr im 113. Tausend vorliegt, ist ein Zeichen für seine Brauchbarkeit und Beliebtheit.

*W. Spreen.*

**Zehn Jahre Laboratorium Manfred von Ardenne** in Berlin-Lichterfelde. 52 Seiten mit 47 Abbildungen. 1938.

Das zehnjährige Bestehen seines Laboratoriums hat MANFRED VON ARDENNE veranlaßt, über die Entwicklung des Unternehmens von 1928—1938 zu berichten. Ein Zimmer der elterlichen Wohnung füllten die Geräte, die 1928 nach Lichterfelde kamen, und heute ist das geräumige Haus Jungfernstieg 19 reich ausgestattet mit den leistungsfähigsten Einrichtungen zur Ausführung neuester Forschungsarbeiten. Mit der Entwicklung von Rundfunkempfängern und Verstärkerröhren fing es an; es folgten Hoch- und Niederfrequenzmeßtechnik und Elektronenstrahl-Oszillographen; dann kam das Fernsehen. Mit diesen Hauptaufgaben waren zahllose Einzelfragen verknüpft, deren Lösungen die Beschäftigung mit den verschiedensten Sondergebieten der Wissenschaft und Technik zur Voraussetzung hatten, und damit dehnten sich die Räume und ihr Inhalt immer stärker aus. Aus den vorzüglichen bildlichen Darstellungen lassen sich die erzielten Erfolge ahnen, die sich erfreulicherweise auch auf das finanzielle Gebiet erstreckten. Das an den Schluß gesetzte Verzeichnis der von 1924—1938 reichenden Veröffentlichungen des Verfassers in Buchform (18) und in Zeitschriftenaufsätzen (87) zeigt, wie auch hier die Götter vor die Tugend den Schweiß gesetzt haben. Mag es M. v. ARDENNE vergönnt sein, in Zukunft über ebenso gutes Gelingen seines Werkes berichten zu können.

*Mtth.*

## Vereine und Versammlungen.

**Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichtes in Wien.** Bericht über die Vereinstätigkeit im 44. Vereinsjahr (Schuljahr 1937/38).

### A. Vorträge.

16. Oktober 1937. Prof. Dr. Ing. HUGO KÖRPERTH: Die Blumenfarbstoffe im Unterricht.

28. Oktober 1937. Prof. Dr. KARL IPPISCH: Neue Schulversuche mit schulgerechten Dreipunktsendern.

6. November 1937. Landesschulinspektor Dr. RUDOLF BERANEK und Schulrat JOSEF DEISINGER: Behandlung des Rundfunks auf der Unterstufe.

20. November 1937. Hauptschullehrer PAUL KOLLER: Die Verwendung der Wasserstrahlpumpe im Unterricht.

27. November 1937. Privatdozent Dr. Ing. ARTUR KUTZELNIGG: Einige mit einfachen Mitteln auszuführende Unterrichtsversuche aus verschiedenen Gebieten der Chemie.

4. Dezember 1937. Privatdozentin Dr. FRANZISKA SEIDL: Wechselstromversuche.

16. Dezember 1937. Vorführung naturwissenschaftlicher Forschungs- und Unterrichtsfilme.

8. Januar 1938. Schulrat HANS KELLERMANN: Physikalische Schulversuche mit einfachsten Mitteln. — Prof. Dr. OTTO RUMPLER: Küvettenversuche; optische Versuche.

15. Januar 1938. Gedenkfeier für das verstorbene Ehrenmitglied Studienrat Prof. FRIEDRICH BRANDSTÄTTER. — Prof. Dr. LEOPOLD STERNHAGEN: Chemische Schulversuche nach Prof. BRANDSTÄTTER.

19. Januar 1938. JOSEF FUCHS: Neuere Methoden und Ergebnisse der Ionosphärenforschung.

20. Januar 1938. Vorführung naturwissenschaftlicher Forschungs- und Unterrichtsfilme.

3. Februar 1938. Vorführung naturwissenschaftlicher und technischer Forschungs- und Unterrichtsfilme.

4. Februar 1938. Hauptschullehrer Dr. HANS FLEISCHMANN: Der Kalk im Chemieunterricht der Hauptschule.

17. Februar 1938. Vorführung von Filmen über Handel und Verkehr.

26. Februar 1938. Ing. JOSIP SLISKOVIC: Der Einfluß der Röhrenentwicklung auf die Entwicklung der Rundfunkempfänger.

5. März 1938. Prof. Dr. LEOPOLD STERNHAGEN: Einige chemische Schulversuche nach Prof. FRIEDRICH BRANDSTÄTTER.

14. Mai 1938. Prof. HEINRICH PABISCH: Deutscher Walfang und deutsche Walindustrie.

21. Mai 1938. Prof. Dr. Ing. WLADIMIR MAXYMOWICZ: Messende Schulversuche an den gasförmigen Oxyden des Stickstoffs.

### B. Besichtigungen.

6. Oktober 1937: Neuer Wasserbehälter der Wiener Hochquellenleitung im Lainzer Tiergarten.

15. Dezember 1937: Lokomotivfabrik in Wien-Floridsdorf.

24. Januar 1938: Technologische und warenkundliche Sammlungen der Hochschule für Welthandel. Führung: Hochschulprofessor Dr. Ing. ERNST BEUTEL.

16. Februar 1938: Chemische Fabriken der Skodawerke-Wetzler-A. G. im Tullnerfeld.

9. März 1938: Spezialwerke zur Erzeugung alkoholfreier naturreiner Obstsaftes des Dr. HANS VOGL in Wien, III.

22. März 1938: Lithographische Kunstanstalt FRANZ ADAMETZ in Wien, XVIII.

27. April 1938: Universitätssternwarte in Wien, XVIII.

7. Juni 1938: Erdölgebiet von Zistersdorf. Führung: Dr. KARL FRIEDL.

9. Juni 1938: Zementwerke Rodaun bei Wien.

### C. Vereinsleitung.

Obmann: O. ö. Univ.-Prof. Dr. ADOLF FRANKE, Vorstand des chem. analyt. Laboratoriums.

Kommissarischer Leiter und Obmann-Stellvertreter: Hofrat Dr. KARL BRUNO, Wien, V., Kriehubergasse 28.

Geschäftsführer: Reg.-Rat KARL MÜLLNER, Wien, IV, Schelleingasse 39/10.

Schriftleiter der Vereinszeitschrift „Physik und Chemie“: Landesschulinspektor Dr. RUDOLF BERANEK, Wien, XIII, Auhofstraße 138.

## Korrespondenz.

PAUL HENCKEL Mitherausgeber. Mit Beginn des 52. Jahrgangs tritt Herr Studienrat Dr. P. HENCKEL in Berlin-Steglitz der Schriftleitung als Mitherausgeber zur Seite. Die helfende und beratende Tätigkeit eines ausschließlich im Unterrichtsbetriebe stehenden Schulmannes dürfte geeignet sein, die Weiterentwicklung unserer Zeitschrift im Sinne der Lehrplan-Neuordnung zu fördern.

*Mth.*

**Druckfehler-Berichtigung.** In dem Aufsatz: F. HAUSER, Überblick über die Beleuchtungsverfahren in der Mikroskopie und Mikrophotographie, 51, 228/37 (1938) ist ein sinnentstellender Druckfehler zu berichtigen. Auf S. 229 muß in der Unterschrift zu Fig. 2 stehen: „3“ das Bild der Leuchtfeldblende im Objekt.“