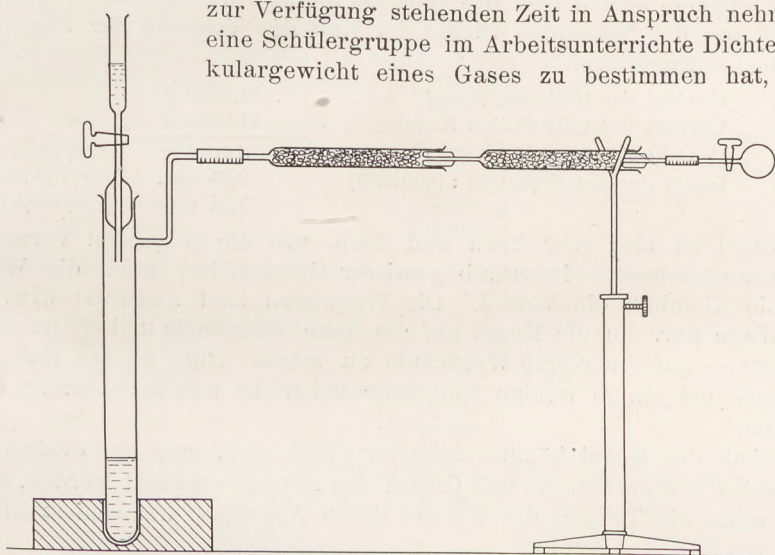


## Zur Rationalisierung des chemischen Arbeitsunterrichts.

Von Prof. Dr. P. Rischbieth †.

Wie auf fast allen Gebieten die Not der Zeit zu Rationalisierungsmaßnahmen zwingt, so muß auch im chemischen Unterrichte besonders infolge Verringerung der Stundenzahl an den Oberrealschulen und der geringen Zahl der Unterrichtsstunden an den Realgymnasien, Deutschen Oberschulen, Studienanstalten usw. der Lehrer darauf bedacht sein, durch Verbesserung und Vereinfachung seiner Apparate Zeit zu gewinnen und Kosten zu sparen, um trotzdem den bisherigen Zielforderungen entsprechen zu können.

Wie dies geschehen kann, möchte ich an dem Beispiel der Darstellung von Gasen zeigen, die infolge ihrer großen Anzahl einen erheblichen Teil der für Versuche zur Verfügung stehenden Zeit in Anspruch nehmen. Wenn eine Schülergruppe im Arbeitsunterrichte Dichte und Molekulargewicht eines Gases zu bestimmen hat, so kommt



es darauf an, eine wenn auch nur geringe Menge des Gases im Zustande großer Reinheit zu gewinnen, wozu ein wesentlich kleinerer Apparat genügt, als der Lehrer ihn im Demonstrationsunterrichte vorführen muß, damit er von allen Plätzen des Unterrichtszimmers in seinen Einzelheiten erkennbar ist. Aber auch hier kann man, um Zeit zu gewinnen, häufig mit kleineren und einfacheren Apparaten auskommen. Will man z. B. Wasserstoff für quantitative Versuche entwickeln, so verlängert die gewöhnlich vorgelegte Trockenflasche durch ihren „schädlichen“ Raum die notwendige Zeit um 10 bis 15 Minuten, an der man sparen kann, wenn man zur Trocknung eine kleine mit Bimssteinstückchen gefüllte Röhre verwendet, wo die Stücke zuvor in konz. Schwefelsäure gebadet sind.

Mit dem abgebildeten kleinen Apparat (siehe Figur) kann man 20 und mehr verschiedene Gase darstellen und in 5 Minuten auf einen Reinheitsgrad bringen, der zur Bestimmung der Dichte meistens genügt. Dabei ist er einfach, handlich und wenig zerbrechlich.

Der Hauptteil ist ein Probierrohr von 23 mm äußerem Durchmesser mit einem seitlichen Ansatzrohr. Ein Kautschuk- oder eingeschliffener Glasstopfen mit einem Hahntrichter bildet den Verschuß. Nur in Fällen, wo das Entwicklungsgefäß geschüttelt werden muß, oder wo der Inhalt schäumt, wird die Röhre durch ein etwa 100 ccm fassendes Kölbchen ersetzt. Mit dem Ansatzrohr sind vermittelst eines Schlauchstückes Glas vor Glas verbunden 1 oder 2 Glasröhren von etwa 12 cm Länge und 1 cm innerer Weite, die mit Bimssteinstückchen oder Glaswolle gefüllt sind. Sie dienen je nachdem zum Trocknen oder Reinigen der Gase. Die gute Wirkung des kleinen Apparates beruht ganz vorwiegend auf der Kleinheit der „schädlichen“ Räume.

Um nun in wenigen Augenblicken die Dichte eines so hergestellten Gases zu ermitteln, benutzt man eine kleine Glaskugel, die an eine 5 bis 6 cm lange Kapillare angeschmolzt ist. Etwa 1 cm von der Kugel entfernt trägt die Kapillare einen gut gearbeiteten Glashahn. Die Kugel wird evakuiert und genau gewogen. Dann verbindet man sie für einen Augenblick mit dem Entwicklungsapparat, öffnet den Hahn und schließt ihn gleich wieder. Ehe man die Kugel wieder auf die Wage bringt, öffnet man den Hahn noch einmal für einen Augenblick, um den Überdruck zu entfernen. Dann liest man Temperatur und Barometerstand ab. Besitzt die Anstalt keine Vakuumpumpe, so wählt man eine Kugel mit 2 Hähnen, muß dann aber das Gas einige Minuten durch die Kugel hindurch strömen lassen. Den Inhalt der Kugel bestimmt man ein für allemal, indem man das Gewicht der mit trockener Luft gefüllten Kugel ermittelt und aus der bekannten Dichte der Luft das Volumen der Kugel berechnet.

Bei meiner Kugel war

Gewicht der luftleeren Kugel . . . . .	11,0354 g	
Gewicht der luftgefüllten Kugel . . . . .	11,0396 g	
Gewicht der Luft . . . . .	0,0042 g	21,6°/759,5 mm
Inhalt der Kugel (0,0042 : 0,001293) . . . . .	= 3,24 ccm	0°/760 mm
	= 3,51 ccm	21,6°/759,5 mm

Die Kugel ist also sehr klein und doch, wie die folgenden Versuche zeigen, vollkommen ausreichend. Innerhalb gewisser Grenzen ist, wenn die Wage zuverlässig ist, die Kleinheit ein Vorteil. Die Wägungen sind äußerst einfach: Man öffnet die Wage nur, um die Kugel auf die linke Wagschale und — im obigen Falle 11 g-Gewichte — auf die rechte Wagschale zu setzen. Alles andere sind nur Reiterverschiebungen um einige wenige Milligrammteilstriche und Beobachtung von Zeigerschwingungen.

Der Inhalt der Kugel könnte einfacher durch Anhängen der evakuierten Kugel an die teilweise gefüllte Bürette und Öffnen des Hahnes ermittelt werden, aber zuverlässig nur, wenn die Teilung der Bürette durch Auswägen kontrolliert ist.

#### Darstellung und Dichtebestimmung einzelner Gase.

##### 1. Sauerstoff (durch Einwirkung von Hydroperoxyd auf eine schwefelsaure Lösung von Kaliumpermanganat):

Kugel mit Sauerstoff . . . . .	11,0251 g	20°/760 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0204 g	
Sauerstoff . . . . .	0,0047 g	
1 ccm . . . . .	= 0,00144 g	
statt 1 ccm . . . . .	= 0,00143 g	

##### 2. Stickstoff (durch Einwirkung einer Lösung von Natriumnitrit auf eine heiße Lösung von Ammoniumsulfat):

Kugel mit Stickstoff . . . . .	11,0394 g	21,6°/759,5 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0354 g	
Stickstoff . . . . .	0,0040 g	
1 ccm . . . . .	= 0,001234 g	
statt 1 ccm . . . . .	= 0,001250 g	

3. Chlor (durch Einwirkung von konz. Salzsäure auf Permanganat. Das Gas wird in einer ersten Röhre mit nassen Bimssteinstücken von Salzsäuredämpfen, in einer zweiten mit schwefelsäuregetränkten Bimssteinstücken von Feuchtigkeit befreit):

Kugel mit Chlor . . . . .	11,0455 g	21,6°/759,5 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0351 g	
	<hr/>	
Chlor . . . . .	0,0104 g	
1 cm . . . . . =	0,003205 g	
statt 1 cm . . . . . =	0,00320 g	

4. Chlorwasserstoff (durch Einwirkung von konz. Schwefelsäure auf mit konz. Salzsäure übergossenes Kochsalz):

Kugel mit Chlorwasserstoff . . . . .	11,0404 g	21,6°/759,5 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0352 g	
	<hr/>	
Chlorwasserstoff . . . . .	0,0052 g	
1 cm . . . . . =	0,00160 g	
statt 1 cm . . . . . =	0,00163 g	

5. Kohlenoxyd (durch Einwirkung von konz. Schwefelsäure auf Natriumformiat):

Kugel mit Kohlenoxyd . . . . .	11,0392 g	21,6°/759,5 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0352 g	
	<hr/>	
Kohlenoxyd . . . . .	0,0040 g	
1 cm . . . . . =	0,00123 g	
statt 1 cm . . . . . =	0,00125 g	

6. Bromwasserstoff (durch Einwirkung von Brom auf Benzol, event. unter Zuhilfenahme eines Stückchens Eisendraht als Katalysator):

Kugel mit Bromwasserstoff . . . . .	11,0469 g	20°/766 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0351 g	
	<hr/>	
Bromwasserstoff . . . . .	0,0118 g	
1 cm . . . . . =	0,00358 g	
statt 1 cm . . . . . =	0,00360 g	

7. Schwefeldioxyd (durch Einwirkung von konz. Schwefelsäure auf Natriumsulfit):

Kugel mit Schwefeldioxyd . . . . .	11,0447 g	20°/766 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0354 g	
	<hr/>	
Schwefeldioxyd . . . . .	0,0093 g	
1 cm . . . . . =	0,00282 g	
statt 1 cm . . . . . =	0,00289 g	

8. Siliciumfluorid (durch Einwirkung von konz. Schwefelsäure auf ein Gemisch von Calciumfluorid und Glaspulver, letzteres im Überschuß):

Kugel mit Fluorkieselgas . . . . .	11,0501 g	20°/759 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0356 g	
	<hr/>	
Fluorkieselgas . . . . .	0,0145 g	
1 cm . . . . . =	0,00444 g	
statt 1 cm . . . . . =	0,00464 g	

Der Fehler von über 4% rührt wohl daher, daß etwas Fluorwasserstoff dem Gase beigemischt war.

9. Schwefelwasserstoff (durch Einwirkung von Salzsäure auf Grauspießglanzerz. Das Gas wird erst durch eine Röhre mit nassen Bimssteinstücken von Salzsäuredämpfen, dann durch eine Chlorkalziumröhre von Feuchtigkeit befreit):

Kugel mit Schwefelwasserstoff . . . . .	11,0409 g	20°/759 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0360 g	
	<hr/>	
Schwefelwasserstoff . . . . .	0,0049 g	
1 cm . . . . . =	0,00150 g	
statt 1 cm . . . . . =	0,00151 g	

10. Acetylen (durch Einwirkung von Wasser auf mit Alkohol befeuchtetes Calciumcarbid. Das rohe Gas wird durch 3 Röhren geleitet; die erste enthält Bims-

steinstücke, die mit schwefelsaurer Permanganatlösung, die zweite solche Stücke, die mit sodaalkalischer Permanganatlösung getränkt sind, die dritte trocknet das Gas mit Chlorcalcium):

Kugel mit Acetylen . . . . .	11,0242 g	20 <sup>0</sup> /760 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0203 g	
Acetylen . . . . .	<u>0,0039 g</u>	
1 ccm . . . . .	= 0,00119 g	
statt 1 ccm . . . . .	= 0,00116 g	

11. Stickstoffoxydul (durch Eintropfenlassen einer konz. Lösung von Hydroxylaminchlorhydrat in eine heiße konz. Lösung von Eisenalaun):

Kugel mit Stickstoffoxydul . . . . .	11,0266 g	20 <sup>0</sup> /760 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0203 g	
Stickstoffoxydul . . . . .	<u>0,0063 g</u>	
1 ccm Stickstoffoxydul . . . . .	= 0,00193 g	
statt 1 ccm Stickstoffoxydul . . . . .	= 0,00196 g	

12. Methan (aus Aluminiumcarbid und verdünnter Schwefelsäure):

Kugel mit Methan . . . . .	11,0223 g	20,4 <sup>0</sup> /762 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0201 g	
Methan . . . . .	<u>0,0023 g</u>	
1 ccm Methan . . . . .	= 0,000704 g	
statt 1 ccm Methan . . . . .	= 0,000714 g	

Die etwas zu niedrige Zahl deutet darauf hin, daß das Methan mit etwas Wasserstoff verunreinigt war.

13. Ammoniak (aus konz. wässriger Lösung durch sehr geringes Erwärmen; Trocknen durch Natronkalk):

Kugel mit Ammoniak . . . . .	11,0224 g	21,6 <sup>0</sup> /759,5 mm
Kugel, luftleer . . . . .	11,0200 g	
Ammoniak . . . . .	<u>0,0024 g</u>	
1 ccm Ammoniak . . . . .	= 0,00074 g	
statt 1 ccm Ammoniak . . . . .	= 0,00076 g	

Die Zahl der Beispiele mag genügen; aber auch Äthylen, Phosphorwasserstoff, Cyangas und manche andere können bequem mit dem kleinen Apparat hergestellt werden.

Das Wägen weniger Kubikzentimeter Gas nähert sich schon dem Mikromaßstabe, und für mich besteht kaum ein Zweifel, daß die bedeutende Entwicklung mikrochemischer Methoden in neuester Zeit zum erheblichen Teil auf das Bestreben zurückzuführen ist, an wissenschaftlichen Arbeitskräften, Zeit und Material zu sparen, mit anderen Worten, die Arbeit zu rationalisieren. In ähnlicher Weise kann bzw. muß heute auch der Arbeitsunterricht verfahren, wie ich an einem weiteren Beispiel zeigen möchte.

Für die Botanik spez. Pflanzenphysiologie wie die Chemie gleich bedeutungsvoll ist die Frage, welche chemischen Elemente in den Pflanzen vorkommen, und es wäre wertvoll, wenn eine Schülergruppe in einer Übungsdoppelstunde das Problem lösen könnte. Eine vollständige qualitative Analyse ist ausgeschlossen, denn darin sind heute wohl alle einig, daß diese auf die Hochschule gehört. Was aber zu fordern ist, ist das, daß der Abiturient einer Realanstalt die wichtigsten Reaktionen der häufigeren Elemente kennt und damit zu arbeiten versteht. Es ist dies eine wichtige Frage, denn auf ihr beruht ganz wesentlich das chemische Können, das neben allem chemischen Verständnis und Wissen nicht vernachlässigt werden sollte.

In unserer Frage wird der Lehrer mit seiner Gruppe zunächst eine kleine Überlegung vornehmen und sie finden lassen, daß die flüchtigen Elemente von den feuerbeständigen zu trennen sind, daß auf Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff als Bestandteile der Cellulose nicht geprüft zu werden braucht, wohl aber auf Stick-

stoff, daß alle übrigen Elemente also in der Asche zu finden sein müssen. Da diese teils wasser-, teils säure-, teils ganz unlöslich ist, so müssen verschiedene Lösungen angefertigt werden in der Weise, daß man eine Messerspitze voll Zigarrenasche mit ganz wenig Wasser erhitzt und die Flüssigkeit auf 2 oder 3 kleine Filter verteilt. Zu einem Tropfen des ersten — wässerigen — Filtrats setzt man je einen Tropfen Salzsäure und Platinchlorid: es erscheinen die schönen Oktaeder des Kaliumplatinchlorids; zu einem zweiten Tropfen Perchlorsäure: entsteht sofort ein Niederschlag, so kristallisiert man ihn um, d. h. man erwärmt den Objektträger ein wenig und läßt langsam erkalten. Das Kaliumpersulfat bildet scharf begrenzte rhombische Kristalle.

Jetzt zieht man das erste Filter mit einigen Tropfen heißer konz. Salzsäure aus und läßt einen Tropfen langsam verdunsten. Bald erscheinen die feinen Nadeln und Rosetten von Gips, wodurch sowohl Calcium als Schwefel nachgewiesen ist. Vom Gips überträgt man die Lösung mit oder ohne Zusatz von einem Tropfen Wasser auf einen neuen Objektträger und setzt Ammoniak und Ammoncarbonat zu. Man schleppt den Niederschlag nach dem Rande des Tropfens und versucht einen Tropfen der klaren Flüssigkeit abzuheben. Zu diesem setzt man auf einem neuen Objektträger etwas Natriumphosphat. Das bekannte Doppelsalz Magnesium-Ammoniumphosphat zeigt charakteristische Formen und beweist die Gegenwart von Magnesium.

Das zweite Filter zieht man mit einigen Tropfen warmer Salpetersäure aus und setzt zu einem Tropfen auf einem Objektträger etwas Molybdänsäurelösung. Diese erhält man, indem man ein Kriställchen Ammonmolybdat in etwas Wasser löst und soviel Salpetersäure zufügt, daß die sich ausscheidende Molybdänsäure wieder gelöst ist. Ein gelber Niederschlag zeigt die Gegenwart von Phosphorsäure an.

Natrium und Jod kommen besonders in Meerespflanzen vor, in deren Asche sie leicht nachzuweisen sind. Man zieht etwas Tangasche mit wenig heißem Wasser aus, bringt einen Tropfen davon zur Trockne und bedeckt den Rückstand mit einem Tropfen konz. Uranylacetatlösung. Nach einiger Zeit beobachtet man die grünlichen Tetraeder des Doppelsalzes.

Setzt man zu einem zweiten Tropfen des Auszuges eine Spur Stärke und einen Tropfen Eisentrichlorid, so färben sich die Stärkekörner langsam blau. Momentan erfolgt diese Färbung, wenn man das Präparat umgekehrt einige Sekunden auf ein Gefäß mit Bleikammerkristallen legt. Die nitrosen Dämpfe machen das Jod alsbald frei. Übergießt man in einem Probierröhrchen etwas Tangasche mit Eisenchloridlösung und erhitzt, so entweicht das Jod in Dampfform aus der Lösung und gibt sich durch die violette Farbe sowie durch seinen Geruch zu erkennen.

Eisen findet man in salzsaurem Auszuge jeder Pflanzenasche leicht mit Ferrocyankalium.

Bleibt noch der Stickstoff, der zum größten Teile in Ammoniak übergeht, wenn man die Pflanzensubstanz sowohl mit starken Basen als auch mit rauchender Schwefelsäure behandelt. Man vermischt die scharf getrocknete, gut zerkleinerte Pflanzensubstanz mit gebranntem Kalk und erhitzt in einem Röhrchen aus strengflüssigem Glase. Über die Öffnung hält man von Zeit zu Zeit umgekehrt einen Objektträger mit einem Tropfen Platinchloridlösung. Sobald Ammoniak auftritt, überzieht sich die Oberfläche des Tropfens mit Platinsalmiakkristallen, die allerdings viel kleiner sind als die entsprechenden Kristalle des Kaliumsalzes<sup>1</sup>.

Sämtliche Präparate werden gut bezeichnet auf ein sauberes Blatt Papier gelegt und von Zeit zu Zeit wieder unter das Mikroskop gebracht.

Über Mangel an Interesse braucht kein Lehrer zu klagen, der mit seinen Schülern mikrochemische Übungen macht.

<sup>1</sup> Vgl. P. RISCHBIETH: Mikrochemische Reaktionen im Unterrichte; diese Zeitschr. 39, 67 (1926).

## Kleine Mitteilungen.

### Eine einfache Anordnung für Strömungsversuche.

Von Dr. A. Krebs in Frankfurt a. M.

Für die Veranschaulichung von hydro- und aerodynamischen Erscheinungen sind in letzter Zeit verschiedene Versuchsanordnungen angegeben worden<sup>1</sup>. Insbesondere sind hier die Geräte von POHL<sup>2</sup> und die kürzlich beschriebene Anordnung von ECK<sup>3</sup> zu erwähnen.

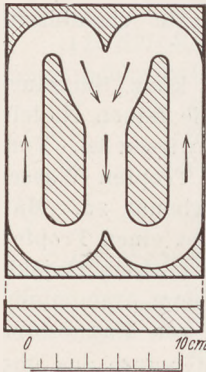


Fig. 1.

Im folgenden sei eine Anordnung beschrieben, die mit einfachen Mitteln stationäre Strömungsvorgänge sowie die beim Anfahren und Abbremsen eintretenden Wirbelbildungen zu veranschaulichen ermöglicht. Das Wesentliche der Anordnung besteht darin, daß die Strömung im Versuchskanal durch Anblasen der Flüssigkeitsoberfläche mit einem Luftstrom erzeugt wird. In einer flachen Schale — bei durchscheinender Projektion mit planem Glasboden — von den ungefähren Abmessungen  $13 \times 18$  cm befinden sich — am Boden angekittet — Leitwände aus paraffiniertem Holz — Dicke etwa 12 mm — von der aus Fig. 1 ersichtlichen Form.

Dieselben ergeben einen mittleren Beobachtungskanal und zwei seitliche Rücklaufkanäle. Die Schale wird ungefähr 1 cm hoch mit Wasser gefüllt. In den Seitenkanälen wird die Oberfläche des Wassers mit Hilfe zweier Düsen angeblasen, die aus einem flachgedrückten Rohr von etwa 8 mm lichter Weite — Maulöffnung ungefähr 1 mm — hergestellt sind und aus einem gemeinsamen Anschlußrohr gespeist werden. Die Neigung der Düsen gegen die

Wasseroberfläche beträgt zweckmäßig etwa  $30^\circ$  (Fig. 2). Die erforderliche Druckluft kann mittels eines Wasserstrahlgebläses, eines Föhns oder Staubsaugers gewonnen werden. Der maximal benötigte Druck beträgt ungefähr 25 cm Wassersäule. Zur Regelung der Luftstromstärke — und damit der Strömungsgeschwindigkeit im Kanal — wird in die Zuleitung ein schraubbarer Quetschhahn eingefügt. Unter Umständen empfiehlt sich die Vorschaltung eines Ausgleichsgefäßes — Flasche von 5 bis 6 Liter Inhalt.

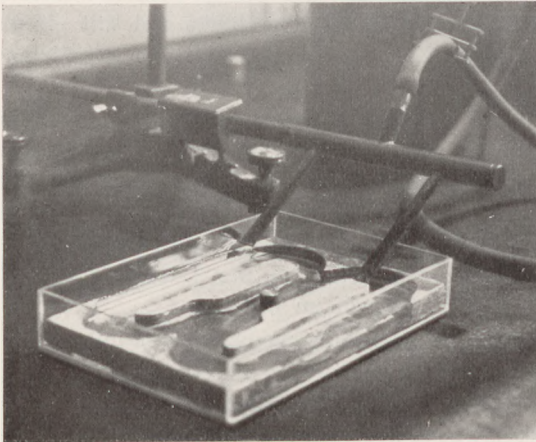


Fig. 2.

Zur Sichtbarmachung der Strömungserscheinungen wird die Oberfläche mit feinem Metallpulver, am besten mit

entfettetem Aluminiumpulver, bestreut<sup>4</sup>. Zur Vermeidung des Randwinkels werden die Profile zweckmäßig paraffiniert<sup>5</sup>.

Die Erscheinungen lassen sich einem größeren Zuschauerkreis episkopisch oder noch besser in durchscheinender Horizontalprojektion vorführen.

<sup>1</sup> TIETJENS, O.: Handbuch der Physik. Wien-Harms IV, 1. Zusammenfassende Darstellung. Verh. 2. internat. Kongr. techn. Mechan. 1926 (Zürich 1927).

<sup>2</sup> POHL, R.: Z. physik. u. chem. Unterr. Bd. 38 (1925) S. 119. 2 Vorführungsapp. z. Hydrodynamik.

<sup>3</sup> ECK, B.: Z. techn. Physik. Bd. 12 (1930) S. 506.

<sup>4</sup> TIETJENS, O.: a. a. O. S. 679.

<sup>5</sup> TIETJENS, O.: a. a. O. S. 678.

In den Fig. 3—10 sind einige mit der Anordnung erhaltene Strömungsbilder wiedergegeben. Die Erscheinungen lassen sich mannigfach variieren und zwar:

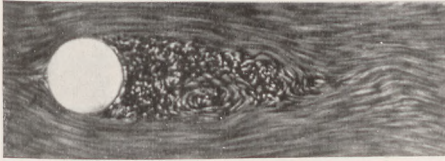


Fig. 3. Wirbelfeld hinter Zylinder; periodisches Ablösen von Wirbeln.

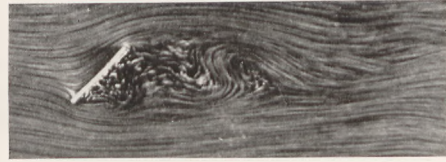


Fig. 4. Wirbelfeld hinter schräg gestellter Platte.

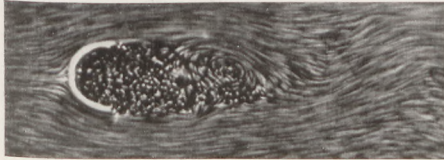


Fig. 5. Strömung um Halbkreiszyylinder; konvexe Seite gegen die Strömung.



Fig. 6. Strömung um Halbkreiszyylinder; konkave Seite gegen die Strömung.



Fig. 7. Tragflügelprofil, stark angestellt.

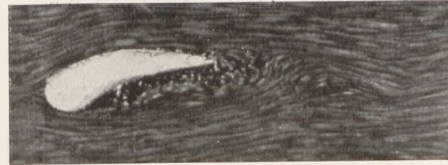


Fig. 8. Tragflügelprofil, negativer Anstellwinkel.

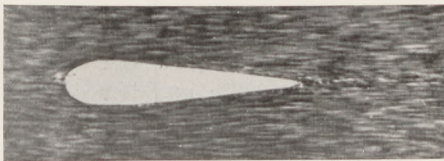


Fig. 9. Stromlinienkörper, fast wirbelfrei.

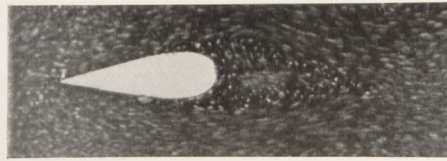


Fig. 10. Bremswirbel hinter umgekehrt gestelltem Stromlinienprofil.

1. durch Änderung der Luftstromgeschwindigkeit, 2. durch Änderung der Flüssigkeitstiefe, 3. durch Verwendung verschieden viskoser Flüssigkeiten.

*Physikalisches Institut der Universität Frankfurt a. M.*

### **Lupe, Fernrohr und Mikroskop, eine einfache Darstellung ihrer geometrisch-optischen Beziehungen.**

Von H. Greinacher in Bern.

Die folgenden Ausführungen sollen einesteils zeigen, wie eine einfache Behandlung der genannten Instrumente durchgeführt werden kann, anderenteils sollen sie gewisse im allgemeinen zu wenig gewürdigte Zusammenhänge klarlegen. Die Darstellung wird demgemäß verschiedentlich von der im Unterricht gewöhnlich gehandhabten abweichen. Im übrigen macht sie durchaus keinen Anspruch auf Vollständigkeit, wie schon daraus ersichtlich, daß sie sich der Hauptsache nach auf die Frage nach der vergrößernden Wirkung beschränkt.

#### 1. Die Sammellinse.

a) Als einfaches Fernrohr. Eine Sammellinse repräsentiert sowohl ein einfaches Mikroskop als ein einfaches Fernrohr. Hält man sie genügend weit vom Auge

entfernt, so beobachtet man ein reelles verkehrtes Bild der dahinter liegenden Gegenstände (Fig. 1). Unter (angularer) Vergrößerung versteht man allgemein das Verhältnis der Winkel, unter denen man einen Gegenstand mit und ohne Instrument sieht. Die Vergrößerung des einfachen

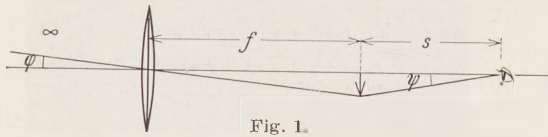


Fig. 1.

Fernrohrs ist daher durch  $\frac{\psi}{\varphi}$  gegeben.

Wir wollen hier, wie in der Folge, die zur Berechnung bequemere, wegen der kleinen Winkel zulässige Ver-

tauschung der Winkel mit den Tangens vornehmen und schreiben: Vergrößerung =  $\frac{\text{tg } \psi}{\text{tg } \varphi}$ . Man erhält so hier, wenn  $g$  die Größe des Bildchens für einen unendlich fernen Gegenstand ist,

$$v = \frac{g}{s} : \frac{g}{f} = \frac{f}{s} \dots \dots \dots (1)$$

wobei  $s$  den Bildabstand vom Auge bedeutet. Um einen bestimmten reproduzierbaren Wert zu bekommen, wählt man für  $s$  die deutliche Sehweite, die mit 25 cm normiert ist. Von einer eigentlichen Vergrößerung kann nur gesprochen werden, wenn  $f > s$ . Man muß daher eine möglichst schwache Linse verwenden und das Auge in genügend großen Abstand bringen (und im übrigen auf nah akkomodieren). Bei der Verwendung einer Linse als Lupe werden wir gerade das Umgekehrte finden, d. h. starke Linse: starke Vergrößerung. Die beiden Verwendungsarten spiegeln bereits die verschiedene Objektivkonstruktion bei Fernrohr und Mikroskop wieder. Fernrohr: schwaches und Mikroskop: starkes Sammelsystem.

b) Als Lupe (einfaches Mikroskop). Wenn man das Auge so nahe an die Linse heranbringt, daß man es praktisch mit der Linsenmitte identifizieren darf, sind die Verhältnisse besonders einfach. Von einem innerhalb der Brennweite angebrachten

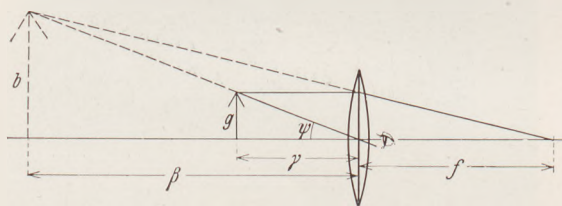


Fig. 2.

Gegenstand  $g$  erhält man nach bekannter Konstruktion ein virtuelles Bild (Fig. 2). Wie aus dem durch die Linsenmitte gezogenen Konstruktionsstrahl ersichtlich ist, sieht das Auge sowohl das Bild mit Lupe als den Gegenstand ohne Lupe unter demselben Winkel. Die Lupe hätte also gar keinen Sinn, wenn das Auge auf

beliebig nahe Gegenstände akkomodieren könnte. Wir könnten dann den Sehwinkel, d. h. die scheinbare Größe eines Gegenstandes ohne Instrument, auf die passende Größe bringen. Die Lupe hat daher nur den Zweck, die Gegenstände in genügend kleinem Augenabstand betrachten zu können. Die Vergrößerung einer Lupe ist einfach gegeben

durch  $v = \frac{\text{tg } \psi}{\text{tg } \varphi}$ , wo wieder  $g/s$  der Tangens des Winkels ist, unter dem der betrachtete

Gegenstand mit bloßem Auge in der deutlichen Sehweite erscheint. Da  $\text{tg } \psi = \frac{g}{\gamma}$ , so folgt

$$v = \frac{g}{\gamma} : \frac{g}{s} = \frac{s}{\gamma} \dots \dots \dots (2)$$

Dabei ist  $f > \gamma > 0$ . Also ist  $v$  am kleinsten bei auf Unendlich akkomodiertem Auge, wo  $\gamma = f$ . Dann ist

$$v_x = \frac{s}{f} \dots \dots \dots (3)$$

Wir wollen aber das Resultat etwas allgemeiner fassen und berücksichtigen, daß

$$\frac{1}{\gamma} = \frac{1}{f} + \frac{1}{\beta}$$



Somit ist

$$v = \frac{s}{f} \left( 1 + \frac{f}{\beta} \right), \dots \dots \dots (4)$$

d. h.  $v$  je nach der Akkommodationsweite  $\beta$  verschieden. Da  $\beta$  nach unten beschränkt ist (Nahepunkt), so ist  $v$  nach oben begrenzt. Greifen wir noch den Spezialfall heraus, daß  $\beta = s$ , der ja in Betracht kommt bei der experimentellen Bestimmung der Vergrößerung (Vergleich mit einem in 25 cm angebrachten Maßstab), so erhalten wir noch

$$v_s = \frac{s}{f} + 1. \dots \dots \dots (5)$$

Je nach der Akkommodation wird man also für  $v$  alle möglichen zwischen Ausdruck (3) und (5) liegenden Werte erhalten. Nach (4) sieht es so aus, wie wenn kurzsichtige Augen den Vorteil stärkerer Vergrößerung besitzen würden. Das stimmt wohl für die theoretische auf  $s = 25$  cm bezogene Vergrößerung, nicht aber praktisch, wenn die Größen von Bild und Gegenstand unter der gleichen Akkommodationsweite verglichen werden. In diesem Falle wäre nach (5) die Vergrößerung um so kleiner, je kleiner die benutzbare Sehweite ist (kurzsichtiges Auge). In Wirklichkeit gelten die Vergrößerungsformeln überhaupt nicht genau, da das Auge sich immer nur in einem gewissen Abstand von der Linse bzw. von der zugewandten Hauptebene einer zusammengesetzten Lupe befindet.

Nicht ganz einfach sind die Betrachtungen über Helligkeit des Bildes und Größe des Schraumes. Das Resultat lautet: Ist der Durchmesser der Linse größer als der der Augenpupille, so bestimmt ersterer die Größe des Gesichtsfeldes, letztere die Helligkeit; sie stellt also die Aperturblende dar. Sind die Größenverhältnisse umgekehrt, so vertauschen sich die Rollen von Linsen- und Pupillenöffnung.

## 2. Das Fernrohr.

a) Das astronomische Fernrohr. Betrachtet man das Bild eines einfachen Fernrohrs (siehe unter 1a) statt mit bloßem Auge durch eine Lupe, so hat man ein astronomisches Fernrohr (Fig. 3). Die Gesamtvergrößerung ist gleich dem Produkt der Einzelvergrößerungen für unendlich ferne Gegenstände und Akkommodation auf Unendlich, daher nach (1) und (3)

$$v = \frac{f_1}{s} \cdot \frac{s}{f_2} = \frac{f_1}{f_2} \dots \dots \dots (6)$$

In der gewohnten Weise folgt diese auch aus der direkten Betrachtung von Fig. 3.

$$v = \frac{\text{tg } \psi}{\text{tg } \varphi} = \frac{\beta}{\beta'}, \dots \dots \dots (7)$$

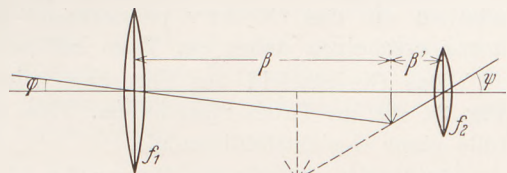


Fig. 3.

wobei für den speziellen Fall, daß unendlich ferne Gegenstände auch im Unendlichen gesehen werden,  $\beta = f_1$  und  $\beta' = f_2$ , somit Beziehung (6) resultiert. Für nähere Gegenstände sind  $\beta$  und  $\beta'$  aus der Linsenformel auszurechnen. Ferner ist der Schinkel  $\varphi$  vom beobachtenden Auge aus und nicht vom Objektiv aus (Fig. 3) zu rechnen. Der Ausdruck (7) wäre dann noch mit  $\frac{\gamma}{\gamma + L}$  zu multiplizieren ( $\gamma =$  Gegenstandsabstand,  $L =$  Fernrohrlänge).

Einfach sind beim Fernrohr die Helligkeitsverhältnisse zu überblicken. Ganz allgemein wächst für ein gegebenes Netzhautbild die Helligkeit proportional mit dem durch die Pupille eintretenden Lichtstrom. Bei unbewaffnetem Auge erscheint uns daher eine Fläche in beliebigem Abstand stets gleich hell. Denn sowohl die Bildgröße (bzw. -fläche) eines Gegenstandes auf der Netzhaut als der von einem Gegenstandspunkt in die Pupille gelangende Lichtstrom nehmen mit dem Quadrat der Entfernung vom Auge ab. Will man beim Fernrohr möglichst große Helligkeit erzielen, so muß

man sämtliche durch das Objektiv eintretende Strahlen der Pupille zuführen. Zu diesem Zweck bringt man das Auge an den Ort, wo das Okular ein reelles Bild von der Objektivöffnung (-fassung) erzeugt. Dieses Bild repräsentiert in bekannter Weise die Austrittspupille und die Objektivöffnung die Eintrittspupille für den Strahlengang im Fernrohr. Der Lichtstrom, der durch Eintritts- und Austrittspupille fließt, ist naturgemäß (abgesehen von Reflexionsverlusten) derselbe. Je größer die Objektivöffnung, um so mehr abbildende Strahlen treten dort ein und gelangen ins Auge, solange die Austrittspupille kleiner ist als die Augenpupille. Man erhält also maximale Helligkeit, wenn man die Öffnung so groß wählt, daß die Austrittspupille und die Augenpupille gerade gleich groß sind. Sowohl das Objektiv als auch die Augenpupille repräsentieren die Helligkeitsblenden des Systems. Letztere allerdings nur für den Fall, wo die Austrittspupille die Augenpupille übertrifft.

Wir wollen die Flächenhelligkeit des Fernrohrbildes für den Fall maximaler Leistung berechnen. Bezeichnen wir den Durchmesser des Objektivs mit  $D$ , den der Austritts- bzw. Augenpupille mit  $d$ , so wäre der Lichtstrom, der von einem Gegenstand  $g$  ins unbewaffnete Auge eintritt, proportional  $d^2$ , wenn aber ein Fernrohr eingeschaltet, proportional  $D^2$ . Die Flächengröße des Bildes mit und ohne Fernrohr ist gegeben durch  $\left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2$ . Die Flächenhelle des Fernrohrbildes verhält sich somit zu der mit bloßem Auge vorhandenen wie  $\left(\frac{D}{d}\right)^2 : \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2$ .

Nun ist aber, wie leicht zu zeigen<sup>1</sup>,  $\frac{D}{d} = \frac{f_1}{f_2}$ , so daß der Quotient = 1; d. h. die Flächenhelle mit und ohne Instrument ist dieselbe, falls der Objektivdurchmesser  $D = d \frac{f_1}{f_2}$ . Es hat also keinen Sinn,  $D$  größer zu machen, als dieser Bedingung entspricht. Steigert man etwa bei konstantem Objektivdurchmesser  $D$  die Vergrößerung (Verlängerung des Fernrohrs), so wird die Austrittspupille schließlich kleiner als die Augenpupille, und die Flächenhelle sinkt im Verhältnis Austrittspupille dividiert durch Augenpupille. Die Intensität von punktförmigen Bildern (Fixsternbilder) bleibt aber aus physiologischen Gründen konstant, da sich immer die gleiche Strahlenmenge (nämlich die das Objektiv passierende) auf ein Netzhautelement konzentriert. Die Sterne erscheinen daher am Tage hell auf dunklem Grunde.

Das Gesichtsfeld des Fernrohrs wird bestimmt durch die Größe der Bilder  $b$  (Fig. 3), die im Tubus Platz haben. Eine Blende an der Stelle von  $b$  spielt daher die Rolle einer Gesichtsfeldblende.

b) Das Galileische Fernrohr. — In jeder Hinsicht komplizierter liegen die Verhältnisse beim holländischen Fernrohr. In Fig. 4 ist die bekannte Anordnung skizziert. Es entsteht infolge des Zerstreusokulars nirgends ein reelles Bild. Die

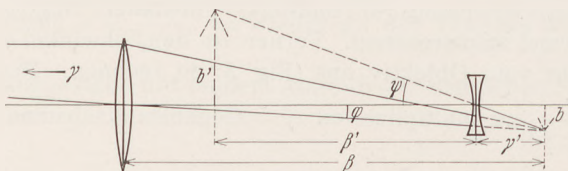


Fig. 4.

Einrichtung verhält sich diesbezüglich und auch in anderer Hinsicht wie eine Lupe und kann auch als Fernlupe bezeichnet werden. Interessant ist der Umstand, daß für die Abstände  $\gamma'$  und  $\beta'$  die Linsengleichung gilt. Der gewöhnlich vorliegende Fall ist ja der, daß die Formel für reellen

Gegenstand und zugehöriges Bild, das nun allerdings reell oder virtuell sein kann, angewandt wird. Im Galileischen Fernrohr haben wir den Fall, daß sowohl Gegenstand  $b$  als Bild  $b'$  virtuell sind. Zur besseren Übersicht wollen wir die Fälle

<sup>1</sup> Hierauf beruht die bekannte Methode zur Bestimmung der Fernrohrvergrößerung durch Messung von Eintritts- und Austrittspupille. Siehe KOHLRAUSCH: Lehrbuch der praktischen Physik 1927. S. 356.

und Gegenstand : reell, Bild : virtuell,  
Gegenstand : virtuell, Bild : virtuell,

wie sie bei einer Zerstreuungslinse vorhanden sind, nebeneinander zeichnen. Der einzige prinzipielle Unterschied ist der, daß bei Fig. 5 a ein divergentes, bei Fig. 5 b ein konvergentes Strahlenbündel auf die Linse auffällt. Die aus der Brechung resultierende Abstandsbeziehung wird dieselbe sein. Nur muß das Vorzeichen der Abstandsgrößen sinngemäß gewählt werden. Es gilt für Fig. 5 a

$$\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{\beta} = -\frac{1}{f}$$

und Fig. 5 b

$$-\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{\beta} = -\frac{1}{f} \dots (9)$$

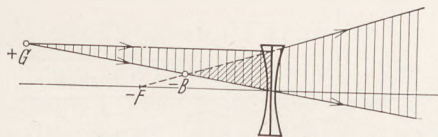


Fig. 5 a.



Fig. 5 b.

Jetzt sind wir auch in der Lage, die Vergrößerung des Galileischen Fernrohrs anzugeben. Es ist für die Einstellung auf Unendlich

$$v = \frac{\text{tg } \psi}{\text{tg } \varphi} = \frac{b}{\gamma'} : \frac{b}{\beta} = \frac{\beta}{\gamma'} = \frac{f_1}{\gamma'} \dots (10)$$

Ferner ist unter Anwendung von (9 b)

$$v = f_1 \left( \frac{1}{f_2} - \frac{1}{\beta'} \right) \dots (11)$$

Für Akkommodation auf  $\infty$  ist

$$v = \frac{f_1}{f_2} \dots (12)$$

Für Akkommodation auf  $s$  ist

$$v = \frac{f_1}{f_2} \left( 1 - \frac{f_2}{s} \right) \dots (13)$$

Beim Galileischen Fernrohr ist also, umgekehrt wie beim astronomischen, die Vergrößerung bei Akkommodation auf  $\infty$  ein Maximum. Der Vorteil des Galileischen Fernrohrs ist geringe Länge ( $f_1 - f_2$ ) und aufrechte Bildlage. Seine Behandlung im Unterricht rechtfertigt sich seit der Erfindung der viel leistungsfähigeren Prismenfernrohre nur noch aus dem Grunde, weil es optisch sehr lehrreich ist.

Über Helligkeit und Gesichtsfeld sei nur kurz folgendes gesagt: Die Austrittspupille des Instruments ist virtuell. Denn die Zerstreuungslinse entwirft ein Scheinbild der Objektivöffnung auf der Gegenstandsseite (Strahlengang der Fig. 5 a). Da sich dieses also im Tubus befindet, kann das Auge nicht an seine Stelle gebracht werden. Das Objektiv ist demnach keine Aperturblende für den Strahlengang eines an das Okular herangebrachten Auges. Demnach repräsentiert die Fassung eine Gesichtsfeldblende.

Man überzeugt sich leicht davon, wenn man hindurchblickt und etwa mit einem Finger über das Objektiv hinfährt. Dann sieht man den Schatten des Fingers sehr deutlich, während bei einem astronomischen Fernrohr nur eine kleine Helligkeitsverminderung des ganzen unveränderten Gesichtsfeldes eintritt! Hat also etwa die Objektivlinse einen Sprung, so stört das beim holländischen Fernrohr, nicht aber beim astronomischen.

Mit dem Umstand, daß kein reelles Bild vorhanden ist, hängt es zusammen, daß keine scharf begrenzende Gesichtsfeldblende angebracht werden kann. Die normale Helligkeit des Gesichtsfeldes fällt hier gegen den Rand hin allmählich ab.

3. Das Mikroskop.

Hier bestehen sowohl Okular als Objektiv aus Linsensystemen. Wir wollen daher die allgemeine GAUSSsche Abbildungslehre zugrunde legen. Es ist dann leicht, an Hand dieses Beispiels auch die früheren Betrachtungen sinngemäß zu verallgemeinern.

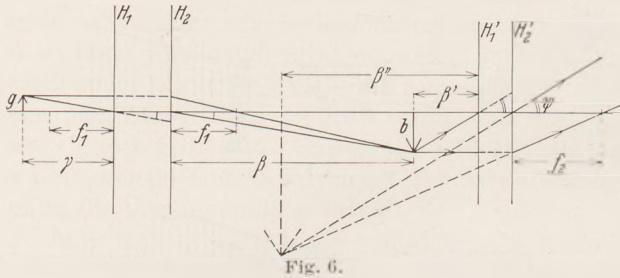


Fig. 6.

In Fig. 6 ist der Strahlengang unter Verwendung der Hauptebenen von Objektiv ( $H_1H_2$ ) und Okular ( $H'_1H'_2$ ) skizziert. Da der Strahlengang sowohl beim Objektiv als beim Okular von Luft in Luft erfolgt, sind Bild- und gegenstandsseitige Brennweiten einander gleich, und fallen die Hauptebenen mit den Knoten-

ebenen zusammen. Hiervon ist in der Zeichnung Gebrauch gemacht. Wir sehen also vom Fall der Immersion ab, wo der Gegenstandsseite der Brechungsindex  $n$  zukommt. Für die Vergrößerung des Mikroskops finden wir

$$v = \frac{\text{tg } \psi}{g/s} = \frac{bs}{\beta'g} \quad (14)$$

Da aber

$$\frac{b}{g} = \frac{\beta}{\gamma},$$

so ist auch

$$v = \frac{s\beta}{\gamma\beta'} \quad (15)$$

Nun gilt

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{\gamma} + \frac{1}{\beta} \quad (16)$$

und

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{\beta'} - \frac{1}{\beta''}$$

Also ist

$$v = s\beta \left( \frac{1}{f_1} - \frac{1}{\beta} \right) \left( \frac{1}{f_2} + \frac{1}{\beta''} \right) \quad (17)$$

oder

$$v = \frac{s(\beta - f_1)}{f_1 f_2} \left( 1 + \frac{f_2}{\beta''} \right),$$

was unter Einführung der optischen Tubuslänge  $l = \beta - f_1$  ergibt

$$v = \frac{sl}{f_1 f_2} \left( 1 + \frac{f_2}{\beta''} \right) \quad (18)$$

Wir wollen wieder die beiden Spezialfälle herausgreifen: Akkommodation auf  $\infty$  und auf  $s$ , d. h. setzen  $\beta'' = \infty$  und  $\beta'' = s$  und erhalten

$$v_\infty = \frac{sl}{f_1 f_2} \quad (19)$$

und

$$v_s = \frac{sl}{f_1 f_2} \left( 1 + \frac{f_2}{s} \right) \quad (20)$$

Formeln, die wiederum nur exakt gelten, wenn das Auge an die Stelle der hinteren Hauptebene  $H'_2$  gebracht werden könnte.

Beachtenswert ist der Umstand, daß man bei der experimentellen Bestimmung der Vergrößerung gewöhnlich den Wert der Formel (20) bestimmt, denn man vergleicht mit demselben Auge eine im Mikroskop gesehene Mikrometerteilung mit einer direkt in 25 cm Abstand gesehenen Teilung.

Die Helligkeit des Mikroskopbildes hängt ab von der Größe der Austrittspupille, die wie beim Fernrohr hinter dem Okular liegt. Man erhält ebenso wie beim Fernrohr

eine im Verhältnis Austrittspupille dividiert durch Augenpupille verringerte Helligkeit gegenüber der Betrachtung mit bloßem Auge.

Die Frage des Auflösungsvermögens läßt sich vom Standpunkt der geometrischen Optik nicht behandeln. Hier muß die ABBESche Beugungstheorie zur Anwendung kommen.

#### 4. Zusammenhang zwischen Mikroskop und Fernrohr.

Der Strahlengang ist für beide Instrumente prinzipiell derselbe. Nur ist im Fall des Mikroskops der abzubildende Gegenstand klein und nah, beim Fernrohr groß und fern. Da es aber alle möglichen Übergänge geben muß, so lassen sich die beiden Instrumente definitionsmäßig nur schwer voneinander abgrenzen. Man kann sogar, ohne daß man den Strahlengang im Instrument irgendwie ändert, kontinuierlich vom einen Typus zum anderen übergehen! Zu diesem Zweck setzt man vor ein Fernrohr mit dem Objektiv von der Brennweite  $F$  eine Linse mit variabler, von  $\infty$  an abnehmender Brennweite und läßt den betrachteten Gegenstand auf das Fernrohr zu rücken, wobei man ihn proportional mit der Entfernung kleiner werden läßt. Der durch die Objektivmitte gehende Strahl bestimmt die Höhe des Gegenstandes. Damit nun das Bild immer an derselben Stelle im Fernrohr erscheint, muß die zu jedem Gegenstandsabstand gehörende Kollektivbrennweite des Objektivs eine ganz bestimmte sein. Ist aber der Gegenstand nahe genug herangerückt, so bildet das Instrument einen nahen kleinen Gegenstand ab. Das Instrument ist zum Mikroskop geworden. Dieses kann also als Fernrohr mit vorgesetzter Sammellinse aufgefaßt und behandelt werden.



Fig. 7.

Mit derselben Berechtigung kann aber das Fernrohr als Mikroskop mit vorgesetzter Zerstreuungslinse angesehen werden. Bemerkenswert ist der Umstand, daß sich beim Übergang vom einen Instrument zum andern die Definition der Vergrößerung ändert. Beim Mikroskop vergleicht man mit dem Gesichtswinkel, unter dem der Gegenstand mit bloßem Auge in deutlicher Sehweite erscheint, beim Fernrohr mit dem Winkel, unter dem man den Gegenstand in großem Abstand sieht. Es bleibt einigermaßen willkürlich, von welchem Gegenstandsabstand ab man von der einen Definition zur anderen übergehen und von welchem Punkt ab man das Instrument als Mikroskop oder als Fernrohr bezeichnen will.

Die innige Beziehung zwischen beiden Instrumenten geht vielleicht besonders deutlich noch daraus hervor, daß sich die Vergrößerung des einen ohne weiteres aus der des anderen berechnen läßt. Wir wollen die kompliziertere des Mikroskops aus der einfacheren des Fernrohrs auf diesem etwas ungewöhnlichen Wege berechnen. Wir wählen (willkürlicherweise) die Auffassung, daß ein Fernrohr als Mikroskop mit vorgesetzter Zerstreuungslinse angesehen werden kann (Fig. 7).  $g$  sei ein mikroskopischer Gegenstand, der also ohne vorgesetzte Zerstreuungslinse (Zerstreuungsweite  $f$ ) durch das Objektiv (Brennweite  $f$ ) in  $b$  abgebildet werde. Die mikroskopische Vergrößerung ist nach früherem  $v_m = \frac{\text{tg } \psi}{g/s}$ . Nun setzen wir die Zerstreuungslinse vor und lassen durch diese von einem fernen Gegenstand ein virtuelles Bild entstehen. Dieses erscheint links von der Linse in einem Abstand gleich der Zerstreuungsweite. Wir wählen diese nun gerade gleich dem früher benutzten mikroskopischen Gegenstandsabstand und können auch den fernen Gegenstand gerade so groß wählen, daß sein virtuelles Bild die Größe von  $g$  erhält. Der Strahlengang im Instrument ist dann genau der gleiche wie früher. Nur haben wir jetzt ein Fernrohr mit der Kollektivbrennweite  $F$  und der Vergrößerung  $v_f = \frac{\text{tg } \psi}{\text{tg } \varphi} = \frac{\text{tg } \psi}{g/f}$ ,

so daß

$$\frac{v_m}{v_f} = \frac{g/f}{g/s} = \frac{s}{f} \quad \dots \quad (21)$$

Nun ist aber

$$v_f = \frac{F}{f_2},$$

also

$$v_m = \frac{sF}{ff_2} \quad \dots \quad (22)$$

Dabei ist

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{F} &= \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f} \\ \frac{1}{f_1} &= \frac{1}{\beta} - \frac{1}{f} \end{aligned} \right\} (f = \gamma), \quad \dots \quad (23)$$

und

woraus folgt

$$\left. \begin{aligned} F &= \beta \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{f_1} - \frac{1}{\beta} \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (24)$$

und

Wir erhalten somit für  $v_m$

$$\left. \begin{aligned} v_m &= \frac{s\beta}{f_2} \left( \frac{1}{f_1} - \frac{1}{\beta} \right) \\ &= \frac{s(\beta - f_1)}{f_1 f_2} \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (25)$$

Da  $\beta - f_1$  die optische Tubuslänge ( $l$ ), so folgt in Übereinstimmung mit (19)

$$v_m = \frac{sl}{f_1 f_2}.$$

Zum Schluß wollen wir noch erwähnen, daß jedes Mikroskop auch tatsächlich als Fernrohr benutzt werden kann. Man muß nur von den fernen Gegenständen ein kleines Bild vor dem Mikroskop entwerfen. Nach dem eben Besprochenen kann dies durch Vorschalten eines Zerstreuungssystems geschehen. Man betrachtet dann ein virtuelles Bild (Fig. 7). Helligkeit und Vergrößerung sind aber ungünstig (Vergrößerung durch Mikroskoptubuslänge bestimmt). Besser ist es, durch ein Sammelsystem ein reelles Bild vor dem Mikroskop zu erzeugen. Hierzu kann der immer vorhandene Kondensor benutzt werden. Jedes Mikroskop ist mit seinem Kondensor zusammen ein Fernrohr und zwar ein terrestrisches (aufrechte Bilder). Die erzielten Vergrößerungen sind um so höher, je größer die vor dem Mikroskop entworfenen Bilder, d. h. je schwächer die benutzten Linsen sind. Kombiniert man etwa das Objektiv eines sog. Ablesefernrohrs mit einem Mikroskop, so erhält man bereits ein sehr wirksames terrestrisches Fernrohr von nur mäßiger Länge. *Physikalisches Institut der Universität Bern.*

### Eine vereinfachte Poggendorffsche Spiegelablesung.

Von O. Reinkober in Greifswald.

Bei der gewöhnlich gebräuchlichen Methode der Messung kleiner Drehungen mit Spiegel, Skala und Fernrohr benötigt man entweder ein Fernrohr mit einem Faden im Gesichtsfelde und eine Skalenbeleuchtung bei subjektiver, oder bei objektiver Ablesung eine die fadenförmige Lichtquelle auf der Skala abbildende Optik, wobei gewöhnlich die Skala genügend dunkel gehalten werden muß, um den Lichtfleck für die Ablesung genau erkennen zu können.

Soweit nicht zu große Entfernungen der Skala von dem gedrehten System in Frage kommen, kann man eine apparative Vereinfachung der Anordnung in folgender Weise erreichen, wobei weder Skalenbeleuchtung und Fernrohr noch eine abbildende Linse und Verdunkelung der Skala nötig sind.

Das Verfahren ist ein objektives, man benutzt jedoch nicht wie gewöhnlich ein reelles Bild der Lichtquelle auf der Skala, sondern ein virtuelles; dazu setzt man an die Stelle des gewöhnlich benutzten versilberten Spiegels ein durchsichtiges Glasplättchen und bringt die Lichtquelle einerseits und die Skala andererseits auf die entgegengesetzten Seiten des durchsichtigen Spiegels in gleiche Entfernungen von diesem. Dann beobachtet man durch den Glasspiegel hindurch auf der Skala das am Spiegel reflektierte virtuelle Bild der Lichtquelle, dessen Bewegung auf der Skala ein Maß für die Drehung des Spiegels ist. Das Bild fällt mit der Skala zusammen, wenn die Lichtquelle um die gleiche Entfernung vor, wie die Skala hinter dem durchsichtigen Spiegel steht. Im übrigen sind die Verhältnisse ohne weiteres aus der Figur ersichtlich. Bei größeren Drehwinkeln fällt das Bild zwar nicht mehr genau in die Skalenebene, was jedoch, solange der Drehwinkel nicht übermäßig groß wird, die Ablesungen nicht merklich stört. Man kann überdies, wenn nötig, das Bild im Nullpunkt (Visierlinie senkrecht zur Skala) etwas hinter die Skala fallen lassen, so daß es dann bei größeren Drehungen nicht so weit vor der Skala liegt, wie wenn es in der Ausgangsstellung genau mit der Skala zusammenfällt. Ein Parallaxenfehler bei der Ablesung läßt sich auf diese Weise weitgehend vermeiden.

Die Helligkeit der Skala muß so gehalten sein, daß man die Teilung bei einer geeigneten Entfernung des Auges noch genügend genau ablesen kann, wozu im allgemeinen die normale Zimmerbeleuchtung ausreichen wird. Die Lichtquelle ist am besten eine Einfadenlampe, deren Faden nur dunkelrot glüht, um eine Überstrahlung der Skalenteilung zu vermeiden. Gut brauchbar ist unter Umständen auch einfach eine Taschenlampenbirne, die von der Seite her anvisiert wird und nur dunkel glühen darf. Die spiegelnde Glasplatte soll möglichst dünn und der Einfallswinkel der Strahlen möglichst klein sein, damit die Verdoppelung des Bildes durch die gleichzeitige Reflexion an Vorder- und Rückwand nicht bemerkbar wird. Sollte doch eine solche auftreten, so ist das an der Vorderseite der Platte reflektierte Bild zu benutzen. Die Güte der Spiegeloberfläche hat etwa der guten käuflichen Spiegelglases zu entsprechen.

Da die vereinfachte Methode weitgehend apparativer Hilfsmittel entbehrt, wird sie an vielen Stellen, wo diese nicht zur Verfügung stehen, gute Dienste leisten können.

*Physikalisches Institut der Universität Greifswald.*



### Statistische Angaben 1930 für den chemischen Unterricht.

Von Friedrich Hofmann in Altenburg (Thür.), Ref. Realgymnasium.

Die hier gegebenen Zahlen<sup>1</sup> zeigen meist die Entwicklung für das uns jetzt noch überaus günstig erscheinende Jahr 1930. Inzwischen hat eine „Krise ohnegleichen“ Deutschland und die Welt erfaßt. Um den neuen, starken Rückgang des Jahres 1931 wenigstens teilweise zu erfassen, sind in der ersten Übersicht Zahlen der I. Halbjahre 1930 und 1931 gegenübergestellt. Verwiesen sei auch auf zwei Neuerscheinungen: 1. GALL<sup>2</sup>: Staatsbürgerkunde durch Chemie und 2. Die deutsche chemische Industrie<sup>3</sup>.

Steinkohle, Roheisen, Rohstahl (Tabelle, Fig. 1). Im Jahre 1930 wurden die europäischen Kohlenüberschußländer, aber auch die U.S.A., durch den anhaltenden Wirtschaftsrückgang zu einer beträchtlichen Verringerung ihrer Steinkohlenförderung gezwungen. Infolgedessen ging die Weltgewinnung um 9% gegen das Vorjahr zurück

<sup>1</sup> Vgl. diese Zeitschrift Bd. 44 S. 75–78; Bd. 43 S. 75; Bd. 42 S. 74; Bd. 41 S. 138; Bd. 40 S. 81; Bd. 39 S. 129.

<sup>2</sup> In K. METZNER: Staatsbürgerkunde im math.-naturwiss. Unterr. S. 137. Leipzig 1931.

<sup>3</sup> Verhandlungen des Ausschusses zur Untersuchung der deutschen Wirtschaft. Berlin 1930.

Weltgewinnung 1930 und Angaben der Hauptländer für I. Halbjahr 1930 u. 1931	a) Steinkohle in Millionen Tonnen			b) Roheisen in Millionen Tonnen			c) Rohstahl in Millionen Tonnen		
	1930	I. Halb- jahr 1930	I. Halb- jahr 1931	1930	I. Halb- jahr 1930	I. Halb- jahr 1931	1930	I. Halb- jahr 1930	I. Halb- jahr 1931
Welt: Insgesamt . . . . .	1210	—	—	80	—	—	96,9	—	—
Davon:									
Europa: Insgesamt . . .	605,0	—	—	43,6	—	—	49,7	—	—
U.S.A. . . . .	482,0	240,0	200,0	31,9	18,6	11,3	40,3	24,1	15,6
Deutschland . . . . .	142,0	73,3	60,3	9,7	5,6	3,3	11,5	6,6	4,6
Saargebiet . . . . .	13,2	6,9	5,9	1,9	1,0	0,8	1,9	1,0	0,8
Frankreich . . . . .	55,0	27,2	25,6	10,0	5,2	4,5	9,4	4,8	4,1
Belgien u. Luxemburg .	27,4	13,7	13,7	5,8	3,2	2,7	5,6	3,0	2,4
Großbritannien . . . . .	247,0	128,0	113,0	6,3	3,8	2,1	7,4	4,4	2,7
Polen . . . . .	37,5	17,5	17,6	0,5	0,25	0,20	1,2	0,6	0,6
Rußland (UdSSR.) . . .	47,0	25,0	24,0	5,0	2,6	2,6	5,6	2,9	2,9
Japan . . . . .	29,3	15,4	13,0	1,5	—	—	2,4	—	—

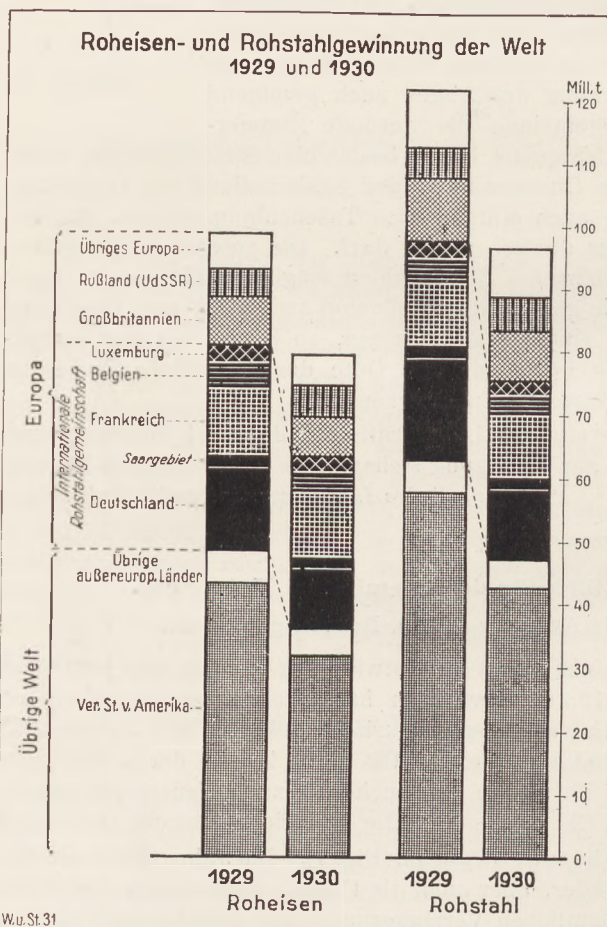


Fig. 1.

Aus „Wirtschaft und Statistik“, herausgegeben vom Statistischen Reichsamte. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

sche, rumänische und deutsche Förderung von Roherdöl ist gegen das Vorjahr kräftig gesteigert worden. Rußland förderte 1930 doppelt so viel Erdöl wie 1913 und wird

und war fast so groß wie im Jahre 1913 (mit 1216 Millionen Tonnen Steinkohlenförderung). Frankreich, Belgien, Niederlande und Rußland förderten 1930 mehr Steinkohle als 1929. Für das Jahr 1931 ist mit einem weiteren Rückgang zwischen 10% und 15% zu rechnen.

Der Rückgang in der Gewinnung von Roheisen (Rohstahl) für das Jahr 1930 gegen 1929 beträgt 19,5% (20,6%). Auf Europa entfielen 54,8% der Roheisen- und 51,4% der Rohstahlerzeugung, auf Amerika 41,2% bzw. 45,3%. Deutschlands Anteil ist auf 12,2% der Weltgewinnung bei Roheisen und auf 11,9% bei Rohstahl gesunken; erstmalig lieferte im Jahre 1930 Frankreich mehr Roheisen als Deutschland. Das Jahr 1931 zeigte im I. Halbjahr ein weiteres Sinken der Gewinnung von Eisen und Stahl besonders in Deutschland, Großbritannien und U.S.A., nur Rußland berichtete eine geringe Zunahme.

Erdöl. Der Hauptrückgang in der Gewinnung von Erdöl entfällt auf die durchgeführte Drosselung in U.S.A.; die russi-



vermutlich für das Jahr 1931 an die 2. Stelle rücken. Deutschlands neue Ölquellen im Kalischacht Volkenroda bei Mühlhausen (Thür.) lieferten im Jahre 1931 weiter ansehnlich steigende Mengen Roherdöl mit günstigem Benzingealt.

Erdölförderung	1929		1930	
	in Millionen Tonnen	in %	in Millionen Tonnen	in %
Welt . . . . .	206,3	100,0	196,4 <sup>1</sup>	100,0
Davon				
U.S.A. . . . .	138	66,7	122,0 <sup>1</sup>	62,1
Venezuela . . . . .	20,4	9,9	20,4	10,4
Rußland (UdSSR) . . . . .	14,0	6,8	18,5	9,4
Persien . . . . .	5,58	2,7	6,02	3,1
Mexiko . . . . .	6,76	3,3	5,98	3,0
Rumänien . . . . .	4,83	2,3	5,75	2,9
Niederländisch Indien . . . . .	5,24	2,5	5,38	2,7
Kolumbien . . . . .	2,92	1,4	2,91	1,5
Peru . . . . .	1,78	0,9	1,65	0,8
Deutschland . . . . .	0,10	0,05	0,17	0,09

Kohlenförderung und -verbrauch Deutschlands 1930<sup>2</sup> (Fig. 2). In der folgenden Übersicht ist inländische Braunkohle auf Steinkohle umgerechnet im Verhältnis 2:9, eingeführte tschechische Braunkohle im Verhältnis 2:3, Koks im Verhältnis 4:3. Der Verbrauch ist berechnet aus Förderung, Ein- und Ausfuhr, Haldenbeständen usw.

Die Steinkohlenförderung im Jahre 1930 ist gegen das Vorjahr mit 163 Millionen Tonnen um 13% und wieder auf den Stand der Vorkriegserzeugung (im jetzigen Reichsgebiet) gesunken. Die Zahl der Steinkohlenbergwerke betrug 1930: 253, im Jahre 1926 dagegen 314. Die oberschlesischen Betriebe fördern die höchste durchschnittliche Menge, nämlich rund 1,2 Millionen Tonnen Steinkohle je Betrieb jährlich; bei den sächsischen Betrieben ist die entsprechende Zahl nur 0,2 Millionen Tonnen; in den übrigen Bezirken werden im allgemeinen durchschnittlich je Betrieb 0,5 bis 0,7 Millionen Tonnen gefördert. In Preußen, auf das 97% der Gesamtsteinkohlenförderung entfielen, wurden fast 84% der Kohle maschinell (mit Abbauhämmern, Schrämmaschinen usw.) gebrochen.

Die Braunkohlenförderung ist von 174,5 Millionen Tonnen (1929) auf 146 Millionen Tonnen (1930) — dies entspricht einem Steinkohlenwert von 32,5 Millionen Tonnen — zurückgegangen. Der Anteil der Braunkohle am Kohleninlandsabsatz stellte sich

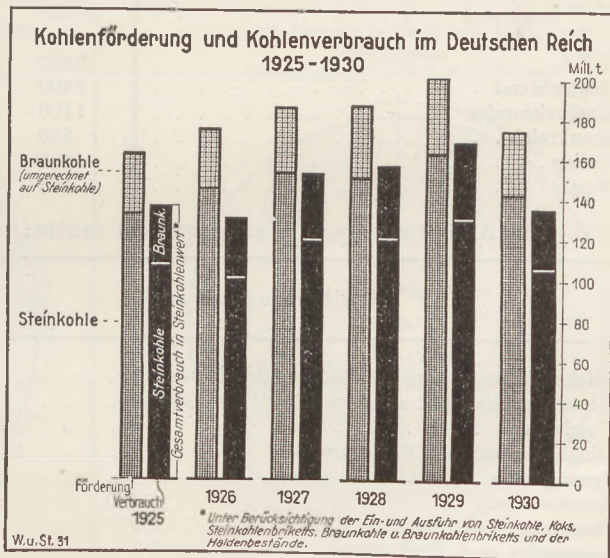


Fig. 2.  
Aus „Wirtschaft und Statistik“, herausgegeben vom Statistischen Reichsamte. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

<sup>1</sup> Nach anderen Angaben für 1930: U.S.A. 128 Millionen Tonnen; Welt 201 Millionen Tonnen.  
<sup>2</sup> Nach Wirtsch. u. Statist. Jahrg. 11 (1931) S. 722.

umgerechnet auf Steinkohlenwert auf rund 23%. Die Zahl der Braunkohlenbetriebe ist ständig von 1926: 364 auf 264 im Jahre 1930 gesunken. Die Jahresförderung je Betrieb war weitaus am größten im niederrheinischen Bezirk mit je 1,7 Millionen Tonnen Rohbraunkohle, im Reichsdurchschnitt betrug die jährliche Förderung rund 0,5 Millionen Tonnen je Betrieb. 90% der Braunkohle wurden im Tagebau gefördert.

Kohlenförderung und Kohlenverbrauch im Deutschen Reich.

Vorgang	1926	1927	1928	1929	1930
	in Millionen Tonnen Steinkohlenwert				
Förderung . . . . .	176,2	187,0	187,6	202,2	175,0
Verbrauch berechnet . . . . .	130,4	153,3	157,4	169,4	136,1

Weltproduktion an chemischen Erzeugnissen 1913 und 1927<sup>1</sup>. Mangels genauer Statistiken läßt sich die Weltchemikalienerzeugung nur schätzen. Die folgenden Zahlenangaben haben daher nur bedingten Wert. Die chemische Industrie ist außerdem mehr als alle anderen Industrien dauernd in der Umstellung auf neue Verfahren begriffen. Nicht berücksichtigt wurden ferner Erzeugnisse wie Seife, Gummwaren, Stearinkerzen, Kohlschwelerei-, Pech- und Harzprodukte.

Die Aufteilung nach Ländern zeigt folgendes Bild für die Schätzungen:

Chemische Industrie	1913		1927	
	in Mill. RM	in %	in Mill. RM	in %
Welt insgesamt . . . . .	10000	100	22000	100
Davon				
U.S.A. . . . .	3400	34	9450	43,4
Deutschland . . . . .	2400	24	2600	16,5
Großbritannien . . . . .	1100	11	2300	10,5
Frankreich . . . . .	850	8,5	1500	6,9
Italien . . . . .	286	2,9	730	3,4
Japan . . . . .	150	1,5	550	2,5

Die Aufteilung nach Warengruppen ergibt:

Welterzeugung an	1913	1927
	in Millionen RM	
Stickstoffdünger einschließlich Chilesalpeter . . . . .	1000	1500
Superphosphat und sonstige künstliche Dünger . . . . .	900	1200
Teerfarben . . . . .	350	700
Mineralfarben und Farbwaren . . . . .	1500	2500
Sprengstoffe . . . . .	800	900
Kunstseide . . . . .	250	2000
Pharmazeutische Waren . . . . .	1750	3000
Kosmetika und Parfümerien . . . . .	500	1500
Schwerchemikalien, Holz und Harzdestillate, Kunststoffe, Leim Gelatine, Putz-, Polier- und Reinigungsmittel, Schädlings- bekämpfung, photographische Artikel, Zündhölzer . . . . .	2600	7500

Deutschlands Chemikalienausfuhr 1930 und im I. Halbjahr 1931. Die Ausfuhr an Chemikalien aus Deutschland ist wertmäßig von 1420 Millionen RM im Jahre 1929 auf 1180 Millionen im Jahre 1930 gesunken. Im I. Halbjahr 1931 ist weiterhin die Ausfuhr wesentlich geringer gewesen als im I. Halbjahr 1930. Im einzelnen liegen folgende Angaben vor<sup>2</sup>:

<sup>1</sup> Nach Verhandlungen des Ausschusses zur Untersuchung der Deutschen Wirtschaft. Band: Die Deutsche chemische Industrie, S. 8 und 9. Berlin 1930.

<sup>2</sup> Chem. Ind. Bd. 54 (1931) S. 755.

Ausfuhr Deutschlands an	Wert in Millionen RM		
	I. Halbj. 1930	II. Halbj. 1930	I. Halbj. 1931
Anorganika . . . . .	130,5	120,5	106,6
Produkte der Holzverkohlung . . . . .	8,8	6,3	7,4
Stickstoffdüngemittel . . . . .	112,3	76,6	82,4
Phosphordüngemittel . . . . .	5,7	4,2	3,2
Teerfarben . . . . .	97,9	98,4	88,9
Mineralfarben und Farbwaren . . . . .	52,5	47,2	41,5
Firnisse, Lacke, Kitte . . . . .	12,0	9,8	8,6
Sprengstoffe, Zündwaren . . . . .	12,3	11,9	8,4
Pharmazeutische Erzeugnisse . . . . .	58,8	63,7	63,2
Ätherische Öle, künstliche Riechstoffe . . . . .	9,7	8,9	8,1
Kosmetische Erzeugnisse . . . . .	6,2	6,9	5,3
Leim und Gelatine . . . . .	11,1	9,3	7,2
Gerbstoffextrakte . . . . .	2,8	2,6	1,9
Kunstseide . . . . .	37,5	27,3	21,0
Schnitz- und Formstoffe . . . . .	12,2	14,0	11,5
Photographische Erzeugnisse . . . . .	24,8	23,4	20,9
Sonstige chemische Erzeugnisse . . . . .	28,2	25,8	23,5

Deutschlands Verbrauch an Fettstoffen 1928 (Fig. 3 u. 4). Pflanzliche Öle und Fette, Butter, Schmalz und andere tierische Fette lassen sich schwer statistisch erfassen. Erstmals ist für das Jahr 1928 in Deutschland eine genaue Produktions-

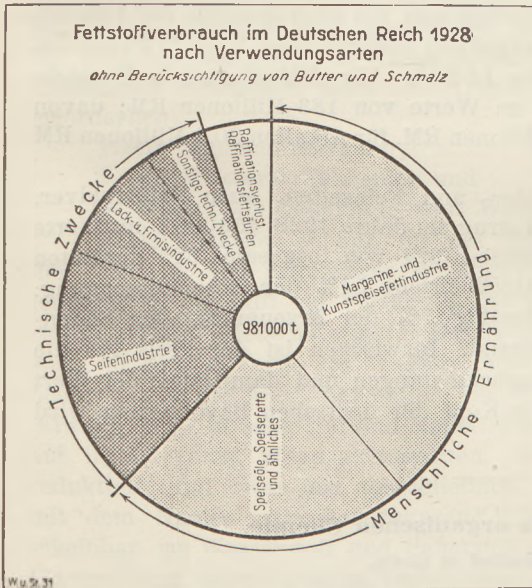


Fig. 3.

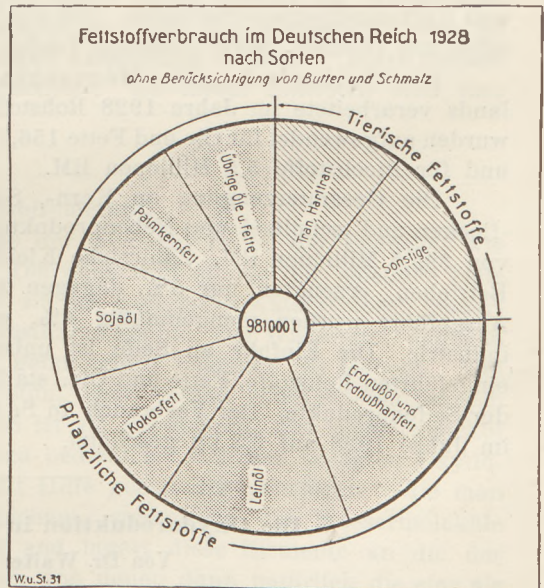


Fig. 4.

Aus „Wirtschaft und Statistik“, herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Verlag Reimar Hobbing, Berlin SW 61.

erhebung in der Fettindustrie<sup>1</sup> durchgeführt worden. Der Gesamtverbrauch an Fettstoffen wurde für 1928 mit 1,65 Millionen Tonnen veranschlagt; Butter- und Schmalzverbrauch konnten dabei auf 452000 t bzw. 212000 t geschätzt werden; Speck und Fett an Fleisch sitzend blieben unberücksichtigt; der übrige Fettstoffverbrauch, vorwiegend pflanzlichen Ursprungs (752000 t), betrug 981000 t.

<sup>1</sup> Wirtsch. u. Statist. Jahrg. 11 (1931) S. 442f. und Statist. Jahrb. 1931 S. 119f.

Die wichtigsten Öle und Fette des deutschen Fettstoffverbrauchs (außer Butter und Schmalz) sind (Fig. 3 u. 4):

Fettstoffverbrauch 1928	in 1000 t	in %
Erdnußöl . . . . .	193	19,7
Leinöl . . . . .	149	15,2
Kokosfett . . . . .	109	11,1
Sojabohnenöl . . . . .	104	10,6
Palmkernfett . . . . .	99	10,1
Talg und Talgprodukte . . . . .	118	12,1
Tran, Harttran . . . . .	99	10,1

Mit Ausnahme des Talges handelte es sich demnach fast nur um ausländische Fettstoffe meist aus tropischen Ländern. Allein die zu 99 1/2% im Jahre 1928 eingeführten Ölsaaten (2,4 Millionen Tonnen) hatten einen Wert von 825 Millionen RM; sie lieferten rund 800 000 t Rohöle und -fette (576 Millionen RM Wert) und 1,6 Millionen Tonnen Ölkuchen (Wert

332 Millionen RM). Inzwischen sind die Preise für Fettstoffe stark gesunken. Insgesamt sind im Jahre 1928 rund 1 Million Tonnen pflanzliche Öle und Fette (die Saaten auf Fettstoffgehalt umgerechnet) sowie Tran eingeführt worden, davon wurden verarbeitet und veredelt 168 000 t wieder ausgeführt.

Die in der Fettindustrie erfaßten und im Inlande verbrauchten Rohfette und Öle (981 000 t) dienten zu zwei Drittel (nämlich 654 000 t) der menschlichen Ernährung (Fig. 3). Aus den 654 000 t Rohfettstoffen wurden 606 000 t genußfähige Fettstoffe gewonnen, die zu 64% in den Margarinefabriken weiterverarbeitet und im übrigen als Speiseöle und Speisefette unmittelbar verzehrt wurden. Für technische Zwecke standen 326 000 t Fettstoffe zur Verfügung, davon 125 000 t Leinöl. Die Seifenindustrie nahm 58% der technischen Fettstoffe, fast 190 000 t, auf; 80 000 t (~ 25%) standen für Firnis- und Lackfabriken bereit. Der Rest wurde meist in der Linoleum-, Ledertuch- und Kerzenindustrie verarbeitet. Der Ausfuhrüberschuß mit Erzeugnissen der Fettverarbeitung (Kerzen, Seife, Linoleum, Lacke, Margarine) enthielt rund 25 000 t Fettstoffe.

Die Seifenindustrie Deutschlands 1928<sup>1</sup>. Die Seifenindustrie Deutschlands verarbeitete im Jahre 1928 Rohstoffe im Werte von 183 Millionen RM; davon wurden aufgewendet für Öle und Fette 156,7 Millionen RM, für Alkalien 20,4 Millionen RM und für Riechstoffe 5,5 Millionen RM.

Die Gesamterzeugung an Kern-, Schmier- und Feinseifen, auch Seifenpulver, -flocken und -schnittel und Nebenprodukten betrug im Jahre 1928 456 000 t im Werte von 395,5 Millionen RM. Zahlreiche Kleinbetriebe (324 von insgesamt 625 gezählten Betrieben) erzeugten nur 5%, dagegen 25 Großbetriebe 54% der Gesamterzeugung. Ausgeführt wurden mengenmäßig 4%, wertmäßig 7% der Erzeugnisse der Seifenindustrie. Die Einfuhr an Seife ist unbedeutend. Inzwischen ist der Preis für die eingeführten Rohstoffe, Fette und Öle, stark zurückgegangen und damit auch der Wert der Seifenprodukte. Der Verbrauch an Seife je Kopf der deutschen Bevölkerung wird im Jahre 1928 auf 6,3 kg geschätzt.

## Die Oxydoreduktion in der organischen Chemie.

Von Dr. Walter Kinttof in Greiz.

### I. Begriff und Bedeutung der Oxydoreduktion.

Der Unterricht in der organischen Chemie soll den Vorschriften der Lehrpläne gemäß die Schüler mit den wichtigsten organischen Verbindungen bekannt machen, soweit diese für die Technik und die Physiologie von Bedeutung sind. Allein in der Ausführung dieser Bestimmung kommt die physiologische Seite leider zu wenig zu ihrem Rechte, insofern nämlich, als wohl die einzelnen einschlägigen Verbindungen behandelt werden, aber die Ausbeutung irgend eines physiologischen Vorganges meistens unterbleibt. Da fehlt dann die Verknüpfung der bisweilen sehr zahlreichen Einzel-

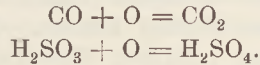
<sup>1</sup> Wirtsch. u. Statist. Jahrg. 11 (1931) S. 272.

stoffe zu einem sinnvollen Ganzen. Und doch sind Möglichkeiten dazu durchaus vorhanden. Ihre Durchnahme lohnt sich, ja verleiht erst dem ganzen Lehrgebäude die Krone, indem sie den Schülern einen Einblick in die Vorgänge im Laboratorium der lebenden Zelle, in den chemischen Mechanismus des Lebens gewährt.

Die im folgenden dargebotene Ausführung des obigen Themas soll einen Weg zu einer solchen Verknüpfung zeigen.

Bekanntlich lassen sich bei den anorganischen Oxydationsprozessen drei Fälle unterscheiden:

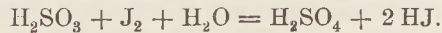
A. Die Oxydation beruht auf einer direkten (evtl. katalytisch bewirkten) Anlagerung von Sauerstoff nach der Gleichung:



B. Die Oxydation ist gleichzeitig mit einer Reduktion verknüpft:



C. Sie ist mit einer Reduktion verbunden, kommt aber nur durch Mitwirkung von Wasser zustande:



Gemeinsam ist also den Fällen B und C die Verknüpfung von Oxydation mit Reduktion; dabei fungiert der sauerstoffreiche Körper als „Wasserstoffakzeptor“, der sauerstoffarme dagegen als „Sauerstoffakzeptor“. Beide Fälle unterscheiden sich aber grundsätzlich durch den verschiedenen Ursprung des in Reaktion tretenden Wasserstoffs bzw. Sauerstoffs. Im Falle B liefert das Oxydationsmittel den nötigen Sauerstoff, der zu oxydierende Körper den Wasserstoff, und beide treten vereint als Wasser aus. Im Falle C dagegen wird sowohl der Sauerstoff als auch der Wasserstoff dem an der Reaktion mitwirkenden Wassermolekül durch Aufspaltung entzogen. Diese letztere Umsetzung bezeichnet man als „Oxydoreduktion“. Zu ihrem Eintreten sind also erforderlichlich:

1. ein Sauerstoffakzeptor,
2. ein Wasserstoffakzeptor und
3. Wasser als Sauerstoff- und Wasserstofflieferant.

Diese Reaktion ist nun für die Chemie der lebenden Zelle, der Pflanzen- wie der Tierzelle, von ungeheurer Wichtigkeit. Der Sauerstoff stünde der lebenden Zelle jederzeit in der Luft zur Verfügung, so daß sie mit geeigneten Katalysatoren (Sauerstoffüberträgern) jede notwendige Oxydation ausführen könnte. Der Wasserstoff dagegen steht ihr nur in Form des Wassers, also in gebundenem Zustande, zu Gebote. Nun bedarf sie seiner aber, namentlich im Wachstum, zum Aufbau von Leibessubstanzen (Eiweiß, Fett) in sehr starkem Maße. Und so ist sie gezwungen, das Wassermolekül auf irgend einem Wege aufzuspalten. Hierzu bedient sie sich der besagten Oxydoreduktion, und zwar fast ausschließlich. Mit Hilfe geeigneter „Fermente“, die man mit dem Namen „Oxydoreduktasen“<sup>1</sup> bezeichnet, spaltet sie die Wassermoleküle scheinbar zu Wasserstoff und Sauerstoff auf und lagert diese Elemente an die der Umwandlung unterliegenden Verbindungen an, von denen dann natürlich die eine als Wasserstoffakzeptor, die andere als Sauerstoffakzeptor wirkt.

Wie die Untersuchungen C. NEUBERGS<sup>2</sup> und anderer Forscher mit anaeroben Mikroorganismen (Hefen und dergleichen) zeigen, spielen bei dieser von der lebenden Zelle vorgenommenen Oxydoreduktion in erster Linie verschiedene Aldehyde (Methylglyoxal, Acetaldehyd u. a.) die Hauptrolle. Sie reagieren sowohl als Sauerstoff- als auch als Wasserstoffakzeptoren. Andererseits fungieren auch ungesättigte Verbindungen (z. B. Crotonaldehyd) als ausgesprochene Wasserstoffakzeptoren. Sie gehen durch Wasserstoffaufnahme in die entsprechenden gesättigten Körper über.

<sup>1</sup> Siehe OPPENHEIMER, Grundriß der Physiologie, I, 211 (1929).

<sup>2</sup> Gärungstheorie C. NEUBERGS, s. z. B. OPPENHEIMER, l. c. I, 214.



Nunmehr taucht die Frage auf: „Ist denn die Pflanzenzelle zu einer solchen Reaktion befähigt?“ Diese läßt sich durch die folgenden Versuche ohne weiteres klar beantworten:

Versuch 1 (Vorversuch). Reduktion von Methylenblau zu „Leukomethylenblau“.

1 ccm einer 0,01%igen Methylenblaulösung wird im Reagenzglas mit reiner Salzsäure auf etwa 10 ccm aufgefüllt. Man setzt einige Körnchen Zink hinzu und überschichtet die Lösung mit etwas flüssigem Paraffin (etwa 1 cm hoch) zwecks Fernhaltung des Luftsauerstoffs. In wenigen Minuten ist das Methylenblau durch Anlagerung von naszierendem Wasserstoff entfärbt. Daß eine Reduktion vorliegt, überprüft man durch Schütteln der vom Zink abgegossenen Lösung mit Luft oder reinem Sauerstoff: Es tritt durch Reoxydation wieder Blaufärbung ein.

Das farblose Reduktionsprodukt des Methylenblau trägt den Namen „Leukomethylenblau“.

Methylenblau + H nascens = Leukomethylenblau.

Die Leichtigkeit, mit der sich der Farbstoff reduzieren läßt, und zwar unter Bildung einer farblosen Verbindung, läßt erwarten, daß er zur Sichtbarmachung von Oxydoreduktionsvorgängen geeignet ist<sup>1</sup>. Es wird deshalb nunmehr ein zunächst ganz einfacher Oxydoreduktionsversuch mit Hefe angestellt unter Verwendung des Methylenblau als Wasserstoffakzeptor:

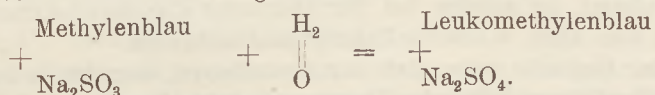
Versuch 2. Oxydoreduktion von Methylenblau und Natriumsulfit.

Zu einer Lösung eines Kubikzentimeters der genannten Methylenblaulösung in 10 ccm Wasser fügt man eine kleine Messerspitze voll Dinatriumsulfit und 1 g mit Wasser angerührte frische Hefe (es genügt auch die billigere Mineralhefe, wenn einem die triebfähigere Getreidehefe nicht zur Verfügung steht). Die Mischung überschichtet man wieder mit etwas flüssigem Paraffin. In äußerst kurzer Zeit tritt die Entfärbung ein. Erwärmt man das Reaktionsgut von vornherein im Wasserbade auf 40 bis 45° C, also auf Gärtemperatur, so verläuft der Prozess noch schneller<sup>2</sup>. (Dauer etwa 1/2 bis 5 Min.)

Wiederholt man zur Kontrolle den Versuch ohne Zusatz von Hefe, so tritt keine Entfärbung ein.

Ergebnis: Schon bei gewöhnlicher Temperatur ist die Hefezelle imstande, an Methylenblau und Natriumsulfit die Oxydoreduktion auszuführen. Sie besitzt also Oxydoreduktasen<sup>3</sup>. — Durch Schütteln des Reaktionsgutes mit Luft wird das Leukomethylenblau reoxydiert. — Filtriert man die Lösung durch Tierkohle und fügt Salzsäure + Bariumchlorid zum Filtrat, so erhält man einen deutlichen Niederschlag von Bariumsulfat.

Aus den letzten Resultaten ergibt sich die Umsetzungsgleichung:



Nunmehr ist zu zeigen, daß auch — wie hier das Natriumsulfit — organische Körper als „Sauerstoffakzeptoren“ fungieren können. Leicht oxydierbare Verbindungen sind den Schülern besonders in den Aldehyden bekannt geworden, von denen sich für den folgenden Versuch der Acetaldehyd wie der Benzaldehyd gleich gut verwenden lassen.

Versuch 3. Oxydoreduktion von Methylenblau und Acetaldehyd.

Zu 10 ccm destilliertem Wasser fügt man 1 ccm Methylenblaulösung, 1 bis 2 Tropfen reinen Acetaldehyd und 1 g angerührte Hefe und überschichtet wieder mit Paraffin.

<sup>1</sup> Schardinger-System: Ztschr. f. Untersuchung v. Nahrungs- und Genußmitteln 5, 22 (1902); Chem.-Ztg. 28, 1113 (1908); G. BREDIG u. SOMMER, Die Schardinger-Reaktion, Ztschr. f. Physikal. Chem. 70, 34 (1909)

<sup>2</sup> Temperatur-Optimum des Fermentes liegt bei 60° C; s. OPPENHEIMER, Die Fermente und ihre Wirkungen, II, 1543.

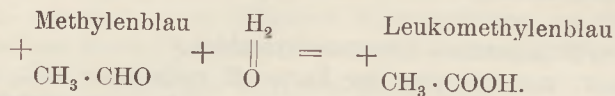
<sup>3</sup> Siehe OPPENHEIMER, Die Fermente und ihre Wirkungen, I u. II.

In der Kälte tritt die Entfärbung etwas langsamer ein als bei Verwendung von Natriumsulfit. Erwärmt man aber im Wasserbade auf Gärtemperatur, so verläuft die Reaktion schnell (Dauer 5 bis 10 Minuten).

Kontrollversuch ohne Zusatz von Hefe ergibt: Aldehyd + Methylenblau an sich reagieren nicht<sup>1</sup>.

An dem Farbumschlag ist ohne weiteres zu erkennen, daß eine Oxydoreduktion stattgefunden hat. Dabei muß Essigsäure als Oxydationsäquivalent zum Leukomethylenblau entstanden sein. Ihr Nachweis ließe sich bei der geringen Menge angewandten Aldehyds nur schwer führen (vielleicht als Kakodyloxyd), ist aber hier bereits überflüssig, da den Schülern das Wesen der Oxydoreduktion aus den vorangegangenen Versuchen völlig klar geworden ist.

Reaktionsgleichung:



Ergebnis: Der Acetaldehyd kann als „Sauerstoffakzeptor“ fungieren.

### b) Anwendungen auf physiologische Prozesse.

1. Diese Ergebnisse wendet man nun auf einen größeren physiologischen Vorgang an, wie ihn z. B. die alkoholische Gärung des Traubenzuckers darstellt.

Es ist den Schülern bekannt, daß der Traubenzucker selbst einen Aldehyd darstellt. Dementsprechend läßt sich vermuten, daß Versuch 3 auch mit Glukose an Stelle des Acetaldehyds gelingt. Diese Vermutung wird durch das folgende Experiment überprüft:

Versuch 4. 10 ccm einer 5 bis 10%igen Traubenzuckerlösung werden mit 1 ccm der bisher verwandten Methylenblaulösung und 1 g angerührter Hefe versetzt und mit Paraffin überschichtet.

Bei Zimmertemperatur ereignet sich nichts<sup>2</sup>. Erwärmt man dagegen auf Gärtemperatur, so tritt mit Beginn der Gärung auch die Entfärbung ein, die sich mit fortschreitender Gärung vervollständigt.

Folgerung: 1. Den Zucker selbst verwendet die Hefe nicht als Sauerstoffakzeptor.

2. Bei der Zuckerspaltung durch Hefegärung treten Produkte auf, die als Sauerstoffakzeptoren reagieren.

3. Da nach dem Wegfall des Methylenblau als Wasserstoffakzeptor die Gärung ihren Fortgang nimmt, so spielen bei ihr überhaupt Oxydoreduktionen eine Rolle. Es müssen dabei also auch Wasserstoffakzeptoren auftreten.

Nun liegt der Gedanke nahe, daß der Acetaldehyd, der sich ja durch Reduktion in Äthylalkohol überführen läßt, ein Zwischenprodukt des Zuckerabbaus durch die Hefe ist, also selbst hier die Vorstufe zum Äthylalkohol bildet. Deshalb muß versucht werden, ihn bei der alkoholischen Gärung festzustellen. Das gelingt mit Hilfe der „Sulfitmethode von C. NEUBERG“<sup>3</sup>.

Versuch 5. Das Abfangen des Acetaldehyds bei der alkoholischen Gärung.

10 ccm einer 5%igen Glukoselösung versetzt man in einem Reagenzglas mit einer kleinen Messerspitze voll Natriumsulfit (Natriumbisulfit wirkt giftig auf Hefe!) und 2 g Hefe. Die Mischung läßt man bei 40 bis 45° C etwa 20 bis 30 Minuten lang gären, kühlt dann mit Eiswasser ab, fügt zum Ausfällen des überschüssigen Sulfits Bariumchloridlösung hinzu und filtriert den Niederschlag ab. Das Filtrat unterwirft

<sup>1</sup> Siehe OPPENHEIMER, Die Fermente und ihre Wirkungen, II, 1265.

<sup>2</sup> Vgl. OPPENHEIMER, Die Fermente und ihre Wirkungen, II, 1475/76.

<sup>3</sup> C. NEUBERG und E. REINFURTH, Biochem. Z. 89, 365; 92, 254; 122, 204; 106, 281. — Ber. d. D. Chem. Ges. 53, 1039; 1920.



man ohne Anwendung eines Kühlers einer kurzen Destillation über etwas Calciumcarbonat. Dabei treibt man die entweichenden Dämpfe durch ein Ableitungsrohr in 5 ccm aldehydfreien absoluten Alkohol über, der sich in einem von außen mit Eis gekühlten Reagenzglas befindet (Dauer der Destillation vom Kochen an gerechnet etwa  $\frac{1}{2}$  bis 1 Minute).

Auf Zusatz von einem Tropfen Piperidin und 3 Tropfen einer 1%igen Nitroprussidnatriumlösung färbt sich das Destillat hellblau: Nachweis des Acetaldehyds nach RIMINI (BEILSTEINS Handbuch der organischen Chemie, Erg.-Bd. 1).

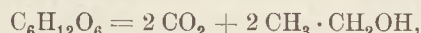
Ergebnis: Mit Hilfe der beschriebenen Methode läßt sich bei der „geistigen Gärung“ des Traubenzuckers der Acetaldehyd als Vorstufe des Äthylalkohols festlegen.

Diese Möglichkeit hat ihren Grund darin, daß der an Natriumbisulfit gebundene Acetaldehyd als Wasserstoffakzeptor ausgeschaltet ist. Daß die Wirkung der Aldehydgruppe in der Additionsverbindung aufgehoben ist, läßt sich leicht beweisen, wenn man zu einer frisch bereiteten Lösung derselben Piperidin + Nitroprussidnatrium fügt: Es tritt keine Blaufärbung ein.

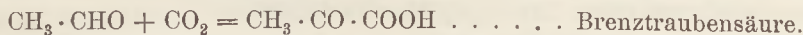
Diese Verknüpfung der Oxydoreduktionen mit der geistigen Gärung führt jetzt weiter zur Behandlung der C. NEUBERGSchen Gärungstheorie<sup>1</sup>, die nunmehr kaum Schwierigkeiten bieten dürfte.

Wißbegierige Schüler werden an dieser Stelle, nach der Auffindung des Acetaldehyds als Zwischenprodukt bei der Gärung, fragen: „Woher kommt nun aber wieder der Acetaldehyd und außerdem die entweichende Kohlensäure“? — In der Tat erscheint einem namentlich die Bildung des Kohlendioxyds an Hand der Strukturformel der Glukose auf den ersten Blick recht undurchsichtig. Deshalb muß versucht werden, auf umgekehrtem Wege vom Acetaldehyd aus mit Hilfe von Kohlensäure und der Oxydoreduktion das Glukosemolekül theoretisch zu rekonstruieren.

Betrachtet man die Bruttoformel der Gärung



so stellt man fest, daß auf je ein Molekül Alkohol, entsprechend einem Molekül Acetaldehyd, ein Molekül Kohlensäure frei wird. Aus diesem Grunde läßt sich vermuten, daß das dem Acetaldehyd vorausgehende Zwischenprodukt ein 3-C-atomiger Körper sein muß, den man durch Addition von  $CO_2$  an  $CH_3 \cdot CHO$  als Brenztraubensäure entdeckt:



Ist diese Annahme richtig, so muß die Hefe fähig sein, die Brenztraubensäure in Kohlensäure und Acetaldehyd zu zerlegen.

Versuch 6<sup>2</sup>. Brenztraubensäuregärung.

In einem Reagenzglas versetzt man 10 ccm einer 4%igen Dikaliumphosphatlösung so lange mit einer 2%igen Brenztraubensäurelösung unter Verwendung eines Tropfens Methylorange als Indikator, bis die Farbe der Mischung gerade nach schwachrot umgeschlagen ist, fügt 3 g angerührte Hefe hinzu und vergärt bei 45° C. (Auch mit  $\frac{1}{10}$  n-Brenztraubensäure gelingt der Versuch). Bald stellt man an dem prickelnden Geräusch fest, daß tatsächlich Kohlensäureabspaltung stattfindet. Zu ihrem Nachweise verschließt man das Reagenzglas durch einen Stopfen mit Tropftrichter und Gasableitungsrohr und treibt durch Zufließenlassen von kalt gesättigter Kochsalzlösung das Kohlendioxyd in Kalkwasser über (Niederschlag von  $CaCO_3$ ).

Will man auch den Acetaldehyd nachweisen, so wiederholt man den Versuch unter Zusatz von etwas  $Na_2SO_3$ <sup>3</sup> und arbeitet das Reaktionsgut nach Versuch 5 auf. Im erhaltenen Destillat fällt die RIMINISCHE Acetaldehydprobe positiv aus.

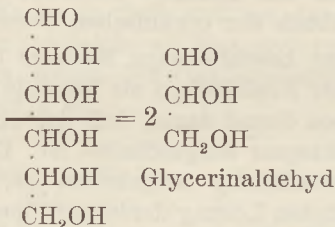
<sup>1</sup> Ber. d. D. Chem. Ges. 55, 3624; 1922.

<sup>2</sup> NEUBERG u. MAY, Bilanz der Brenztraubensäuregärung. Biochem. Z. 140, 299, 1923.

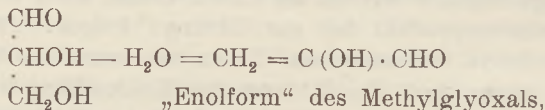
<sup>3</sup> NEUBERG u. REINFURTH, I. c.

Aus den Ergebnissen des Versuches 6 kann man auf die Richtigkeit der oben gemachten Annahme schließen. Tatsächlich konnte die Brenztraubensäure bei der alkoholischen Gärung abgefangen werden<sup>1</sup>. Das Verfahren ist jedoch zu kompliziert, als daß es sich für den Unterricht verwenden ließe.

Die Entstehung eines 3-C-atomigen Körpers aus der Glukose führt weiter die Schüler auf die Annahme einer primären Spaltung des Zuckermoleküls in zwei Moleküle Glycerinaldehyd:

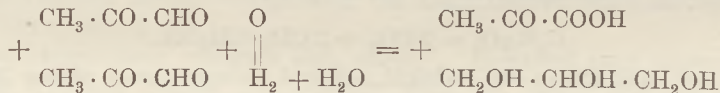


Hier stellt man keinen zu hohen Anspruch an die Fähigkeiten der Schüler, wenn man nun verlangt, den Glycerinaldehyd in Beziehung zur Brenztraubensäure zu bringen. Durch Subtraktion eines Moleküls Wasser resultiert aus diesem der Aldehyd der Brenztraubensäure, das „Methylglyoxal“:

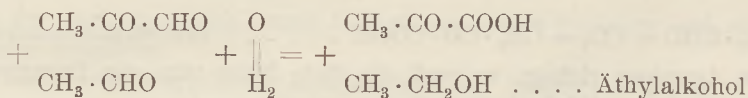


das in Ketoform die Formel  $\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CHO}$  trägt.

Zwei Moleküle desselben unterliegen alsdann der Oxydreduktion unter Bildung von Brenztraubensäure und Glycerin:



Die Brenztraubensäure wird dann weiter in Kohlensäure und Acetaldehyd gespalten (Carboxylasereaktion!). Endlich tritt ein Molekül Methylglyoxal mit einem Molekül Acetaldehyd in Reaktion:



und es entsteht neben Brenztraubensäure der Äthylalkohol.

So gipfelt der Gärungsprozeß dann immer wieder in den drei Hauptreaktionen:

- I. Spaltung des Hexosemoleküls über Glycerinaldehyd in Methylglyoxal;
- II. Bildung von Brenztraubensäure und Äthylalkohol durch Oxydoreduktion von Methylglyoxal und Acetaldehyd;
- III. Spaltung der Brenztraubensäure in Kohlensäure und Acetaldehyd durch die Carboxylase.

Die Bildung anderer Reduktionsprodukte, wie oben des Glycerins, wird dann überflüssig, da jedem entstehenden Alkoholmolekül immer ein Molekül Brenztraubensäure äquivalent gebildet wird und umgekehrt.

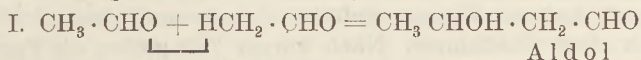
2. Eine weitere Anwendung findet die Oxydoreduktion z. B. bei der Butter-säuregärung, überhaupt bei der Fettbildung<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> M. v. GRAB, Brenztraubensäure als Zwischenprodukt usw. Biochem. Z. 123, 69 (1921).

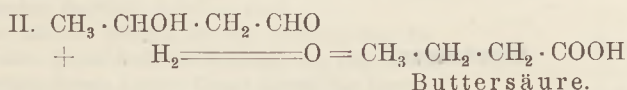
<sup>2</sup> Theorie der Fettbildung, siehe HÄHN und KINTTOR, Chemie der Zelle und Gewebe XII, 115 (1925).

Die Fettsäuren stellen gegenüber den Kohlehydraten wasserstoffreiche Verbindungen dar. Diese Feststellung führt den Schüler auf den Gedanken, daß auch bei der Umwandlung von Zucker in Fett (Fettsäuren! Die Möglichkeit der Bildung von Glycerin aus Zucker ist auf Seite 74 bekannt geworden) der Oxydoreduktion eine ausschlaggebende Bedeutung zukommt.

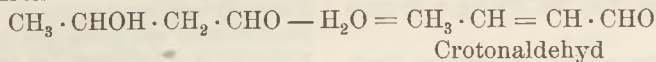
Da bei der Buttersäuregärung ebenfalls Kohlendioxyd abgeschieden wird, so ist ohne weiteres anzunehmen, daß zunächst das Zuckermolekül bis zum 2-C-atomigen Acetaldehyd aufgespalten wird. Im Rahmen des bisher Behandelten ist dann die Frage zu klären: „Wie entsteht aus Acetaldehyd Buttersäure?“ Hier ist nun der Zusammenhang beider Verbindungen offensichtlich:



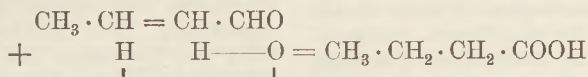
In dem Aldol müssen zur Überführung in Buttersäure noch eine Oxydation und eine Reduktion stattfinden, also eine Oxydoreduktion:



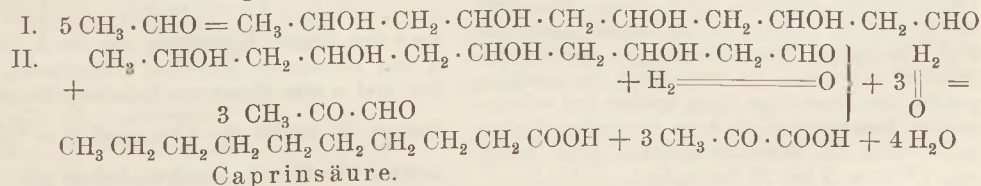
Man kann auch vorher noch das Aldol durch Wassersubtraktion in Crotonaldehyd überführen:



und an diesem dann die intermolekulare Oxydoreduktion vornehmen:



Verallgemeinerung: Ohne Schwierigkeiten läßt sich diese Theorie auch auf die Bildung hochmolekularer Fettsäuren ausdehnen. Sie erfordert eine Aneinanderlagerung von mehr als zwei Acetaldehydmolekülen. Da auf jedes derselben bei seiner Entstehung aus Brenztraubensäure ein Molekül Methylglyoxal gebildet wird, so ist für jede OH-Gruppe des Polymerisationsproduktes, die zu reduzieren ist, eben in dem zugehörigen Molekül Methylglyoxal ein Oxydationsäquivalent gegeben, so daß die Annahme besonderer Sauerstoffakzeptoren von vornherein unnötig ist. Dementsprechend verläuft z. B. die Bildung der Caprinsäure  $\text{C}_9\text{H}_{19}\text{COOH}$  nach den Gleichungen:



Interessant ist hierbei festzustellen, daß auf diese Weise nur Fettsäuren mit gerader Kohlenstoffatomzahl erhalten werden, wie sie ja in den natürlichen Fetten vornehmlich vorliegen.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß auch rein experimentell Oxydoreduktionen durchführbar sind, wobei z. B. starke Kalilauge die Rolle der Oxydoreduktase übernimmt. Man nennt diese Reaktion nach ihrem Entdecker die „Cannizzarische Reaktion“ (2 Benzaldehyd  $\rightarrow$  Benzylalkohol + Benzoesäure).

## Für die Praxis.

**Herstellung der Paraffinplatten für Tyndalls Versuch über spezifische Wärme.**  
Von **Wilhelm Volkmann** in Berlin. — Das Verfahren, das A. F. WEINHOLD angibt (Physikalische Demonstrationen, 6. Aufl. (1921), S. 604), erfordert große Geschicklichkeit.

Sehr sicher erhält man die Platten auf folgende Weise: Das Aluminiumtischchen, 10 cm Durchmesser, aus dem Feinstellzeug von Leppin & Masche wird auf Stiel und Klemmfuß nach der Wasserwaage ausgerichtet. Dann wird ein 2 cm breiter Streifen Packpapier, rauhe Seite nach außen, herumgelegt; seine beiden Enden werden mit einer Kopierklammer zusammengehalten. Die Reibung genügt, um die Kopierklammer ohne Stütze zu halten, wenn sie hoch genug am Papier angesetzt ist. An dieser Stelle bleibt meist ein dreieckiges Loch, durch das Paraffin abfließen könnte; man füllt es mit einem winzigen nassen Watteflöckchen. In diese Form gießt man 20 Gramm (vier Kinderlöffel) geschmolzenes Paraffin von 50° bis 55° Schmelzpunkt. Nach dem Erkalten nimmt man den Papierrand ab, hält das Tischchen am Stiel etwas geneigt über eine mit kaltem Wasser gefüllte Schale und bestreicht das Tischchen von unten her mit einer Gasflamme. Nach kurzer Zeit gleitet die Paraffinplatte ab und wird im Wasser gekühlt, bevor die mitgenommene Wärme tiefer in sie eindringt.

### Berichte.

#### 1. Apparate und Versuche.

**Die Verwendung ballistischer Instrumente in der Elektrizitätslehre.** Von Dr. WILHELM SPREEN in Brake i. O.

Die an einem Bronzedraht aufgehängte Spule des Drehspul-Spiegelgalvanometers stellt ein schwingungsfähiges elastisches System hoher Empfindlichkeit dar. Für viele Strom- und Spannungsmessungen sind die Schwingungen störend, und man verwendet daher das Galvanometer in diesen Fällen mit einer Dämpfungsvorrichtung und erreicht so eine aperiodische Einstellung. In dieser Form wird das Drehspul-Spiegelgalvanometer meistens im Unterricht zum Nachweis schwacher und schwächster Ströme gebraucht.

Bei den elektrischen Vorgängen jedoch, die nur eine kurze Zeit andauern, lassen sich im allgemeinen keine brauchbaren meßtechnischen Ergebnisse mit dem aperiodisch geschalteten Galvanometer erzielen; doch kann man hier mit Vorteil die Schwingungen des aus Drehspule und elastischen Stromzuleitungen bestehenden Systems ausnutzen. Da man durch die Umkehrpunkte der Ausschläge eines solchen frei schwingenden Instrumentes die kurz dauernden Ströme mißt, muß die Schwingungsdauer groß genug sein ( $T$  etwa 5 bis 20 Sekunden).

Es muß daher als ideal bezeichnet werden, wenn neben dem ballistischen Galvanometer ein solches mit aperiodischer Einstellung in der Sammlung vorhanden ist. Die von den Lehrmittelfirmen in den Handel gebrachten Spiegelgalvanometer sind aus Sparsamkeitsgründen vielfach so konstruiert, daß sie sowohl als gedämpfte, als auch als ungedämpfte Instrumente sich verwenden lassen. Über diese letztere Verwendungsmöglichkeit soll hier im Zusammenhang ausführlicher berichtet werden.

Aufbau und Wirkungsweise des Drehspulgalvanometers werden bei den Schülern als bekannt vorausgesetzt. Um ihnen nun das Verständnis für die Einrichtung des ballistischen Instruments zu vermitteln, bringt man dessen

Drehspulsystem durch einen schwachen Strom kurzer Dauer, etwa dadurch, daß man die eine der Klemmen mit einem Pol eines Akkumulators verbindet und zwischen den anderen Pol des Akkumulators und die noch freie Klemme des Instrumentes den eigenen Körper schaltet, zum Ausschlagen. Nach Unterbrechung dieses Stromes führt der Lichtzeiger des Spiegelgalvanometers auf der transparenten Skala Schwingungen aus, die bei nicht allzu großen Amplituden als harmonische anzusehen sind. Die Bewegung des Lichtzeigers vollzieht sich also nach Analogie der Pendelschwingungen, und wir werden nun zunächst die Frage stellen, wie ein Pendel sich bewegt, wenn eine kurz andauernde Kraft, etwa ein Hammerschlag, es in Bewegung bringt. Für die Pendelbewegung ist aus der Mechanik die Gleichung bekannt

$$s = s_0 \cdot \sin \omega t, \dots \dots \dots (1)$$

wo  $s$  den Bogen (Entfernung aus der Ruhelage),  $s_0$  den maximalen Ausschlag (Amplitude),  $t$  die Zeit und  $\omega$  eine Konstante bedeutet, die mit der Periode  $T$  durch die Gleichung  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  verbunden ist.

Für die Geschwindigkeit gilt

$$v = \dot{s} = \dot{s}_0 \cdot \omega \cdot \cos \omega t \dots \dots \dots (2)$$

wonach die Geschwindigkeit, mit der das Pendel durch die Ruhelage geht ( $t = \frac{n\pi}{\omega}$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ ),

$$v_0 = \pm s_0 \cdot \omega \dots \dots \dots (3)$$

ist. Für eine konstante Stoßkraft (Hammerschlag) gilt der Impulssatz, nach dem  $K \cdot \tau = m \cdot v$  ist, wenn  $K$  die Kraft,  $\tau$  die Zeit,  $m$  die Masse und  $v$  die Geschwindigkeit bedeutet. Im Falle unseres Galvanometers ist die bewegende Kraft der Stromstärke  $J$  proportional, also  $K = c_1 \cdot J$ , und wir erhalten

$$J \cdot \tau = \frac{m}{c_1} \cdot v = e_2 \cdot v.$$

Die Schwingungsdauer unseres Instrumentes sei

$T$ , und wir machen nun die bei hinreichend großem  $T$  berechnete Annahme, daß  $\frac{\tau}{T}$  ein sehr kleiner

Wert sei, so daß der Stromstoß schon als beendet anzusehen ist, bevor sich der Lichtzeiger merklich aus seiner Ruhelage entfernt hat. Dann kann man ohne wesentlichen Fehler  $v = v_0$  setzen, und unsere letzte Gleichung geht unter Berücksichtigung von (3) über in

$$J \cdot \tau = c_2 \cdot \omega \cdot s_0 = c \cdot s_0 \dots (4)$$

d. h. aber, daß  $J \cdot \tau$  unter der Voraussetzung, daß  $\tau$  klein gegen  $T$ , proportional der Amplitude  $s_0$  ist. Die Schüler erkennen, weshalb die Voraussetzung, daß  $\tau$  nahe bei Null liegt, noch aus einem anderen Grunde wichtig ist: für die Größe  $J \cdot \tau$  ist die Amplitude  $s_0$  entscheidend, und diese läßt sich am besten bestimmen, wenn die Umkehrpunkte deutlich sichtbar sind.

Der nächste Schritt ist die Eichung des Instruments. Diese Aufgabe verlangt von uns, einen schwachen Strom kurzer Dauer durch das Instrument zu schicken. Die Schwierigkeit liegt hier in der Messung der sehr kurzen Zeit  $\tau$ . R. W. POHL benutzt und empfiehlt dazu in seiner bekannten „Einführung in die Elektrizitätslehre“ den Stoppuhrschalter, eine zu einem Schalter umgebaute Stoppuhr. Wo der Stoppuhrschalter aus Mangel an finanziellen Mitteln nicht zu beschaffen ist — und das wird in vielen Schulen der Fall sein —, bietet der Grammophonschalter einen brauchbaren Ersatz. Auf eine alte Grammophonplatte wird ein genau ausgemessener Sektor aus dünnem Messing-, Kupfer- oder Silberblech geklebt, ferner wird konzentrisch zum Mittelpunkt ein

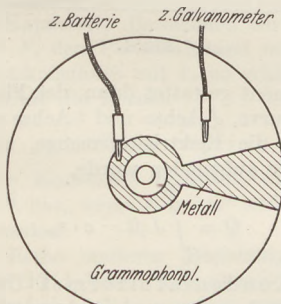


Fig. 1.

Blechring aus gleichem Material aufgesetzt, der mit dem Sektor verlötet wird. Setzt man die so vorbereitete Platte auf ein Grammophon, so kann man einen Stromkreis für kurze Zeit dadurch schließen, daß man, wie Fig. 1 zeigt, den einen der mit einem geeigneten Ansatz (Bananenstecker) versehenen Zuführungsdrahte auf dem Ring, den anderen während einer Umdrehung auf der Platte schleifen läßt. Der Strom ist dann solange geschlossen, wie der Drahtansatz den aufgeklebten Sektor berührt. Dieser Grammophonunterbrecher wird an irgendeiner Stelle in den aus Stromquelle, Widerstand und ballistischem Galvanometer nebst Zuleitungen bestehenden Stromkreis eingeschaltet. Als Stromquelle benutze

ich eine Akkumulatorenzelle, als Widerstand ein Voltmeter von 120 000 Ohm. Dreht sich die Grammophonplatte 78 mal in der Minute, was sich durch Abzählen leicht mit den Schülern feststellen läßt, und hat der Sektor einen Zentrwinkel von  $18^\circ$ , so beträgt die Dauer des Stromschlusses  $\frac{60}{78} \cdot \frac{18}{360}$  Sek. =  $\frac{1}{26}$  Sek. Da der Strom

$\frac{2}{120\,000}$  Amp. beträgt, geht ein Stromstoß von  $\frac{2}{26 \cdot 120\,000}$  Amp.-Sek. =  $6,41 \cdot 10^{-7}$  Amp.-Sek. durch das Galvanometer. Erhöhen wir nun in derselben Anordnung die Stromstärke, etwa dadurch, daß wir zu einem 4-Volt-Akkumulator übergehen, so wächst der Ausschlag entsprechend. Ebenso

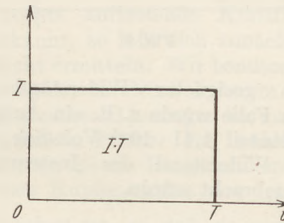


Fig. 2.

wächst der Ausschlag proportional der Zeit, was man durch Benutzung einer Grammophonplatte mit einem anderen Sektor nachweist. Wir erhalten so das Ergebnis, daß der Ausschlag der Anzahl der Ampere-Sekunden proportional ist, oder daß der Quotient

$$\frac{\text{Anzahl der Ampere-Sekunden}}{\text{Ausschlag}}$$

d. h. die Anzahl der Amp.-Sek. pro Skalenteil eine konstante Größe ist. Beträgt z. B. bei dem Stromstoß von  $6,41 \cdot 10^{-7}$  Amp.-Sek. der Ausschlag 4,55 Skalenteile, so bedeutet ein Ausschlag von einem Skalenteil  $1,41 \cdot 10^{-7}$  Amp.-Sek. Damit ist das ballistische Galvanometer geeicht.

Wie reagiert nun aber das ballistische Spiegelgalvanometer auf den Stromstoß eines zeitlich veränderlichen Stromes? Der Ansatz des Impulsatzes lautet hier

$$K dt = m dv,$$

und für ein Zeitintervall  $\tau$  ergibt sich daraus

$$\int_0^\tau K dt = m v,$$

und es bleibt die Gleichung (4) erhalten mit dem einzigen Unterschied, daß statt  $J \tau$  das Integral

$$\int_0^\tau J dt$$

steht. Es ist also

$$\int_0^\tau J dt = c \cdot s_0 \dots (4a)$$

Statt des Rechtecks aus  $J$  und  $\tau$  (Fig. 2) erhalten wir jetzt das Flächenstück zwischen der Kurve  $J = f(t)$ , der  $t$ -Achse und den Ordinaten zu  $t = 0$  und  $t = \tau$  (Fig. 3). Wieder sei  $\tau$  klein gegen  $T$ .

Bevor wir zu einzelnen Anwendungsbeispielen übergehen, sei noch erwähnt, daß man das Galvanometer auch als ballistisches Voltmeter schalten kann. Dazu ist nur erforderlich, daß der Spannungsabfall, der durch das Instrument verursacht wird, so groß ist, daß dagegen jeder andere Spannungsabfall in seinem Stromkreis vernachlässigt werden kann, was man durch

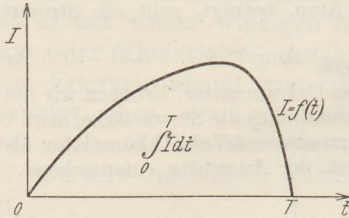


Fig. 3.

Vorschalten geeigneter Widerstände erreicht. In unserem Falle würde z. B. ein Ausschlag von einem Skalenteil  $1,41 \cdot 10^{-4}$  Volt-Sek. bedeuten, wenn der Widerstand des Instrumentes auf 1000 Ohm gebracht würde.

#### Anwendungsbeispiele.

1. Die Periode des Wechselstroms. Wir führen zunächst einen Versuch an, der zwar nicht die Periode des Wechselstroms exakt zu messen gestattet, der es aber im höchsten Grade wahrscheinlich macht, daß sie  $\frac{1}{50}$  Sek. ist. Die Periode des Wechselstroms sei  $T_0$ , und es ergibt sich

$$\int_0^{T_0} J dt = \int_0^{T_0} J_0 \cdot \sin \frac{2\pi}{T_0} t dt = 0$$

Wir erhalten also, wenn der Stromstoß über eine ganze Periode erstreckt wird, den Wert 0, wobei es ganz gleichgültig ist, wo der Stoß anfängt. Zur experimentellen Nachprüfung benutzen wir einen Grammophonunterbrecher mit einem Sektor von  $9,5^\circ$  und verfahren im übrigen wie bei unseren Eichungsversuchen. Wir benutzen den technischen Wechselstrom des Ortsnetzes, dessen Stromstärke wir durch Zwischenschaltung eines Widerstandes von 1000 000 bis 2 000 000 Ohm auf den für das Instrument geeigneten Betrag bringen. Es erfolgt kein Ausschlag. Das gleiche gilt von Sektoren, deren Winkel ein Vielfaches von  $9,5^\circ$  ist, also von  $19^\circ$ ,  $28,5^\circ$  usw. Wie man leicht nachrechnet, erstreckt sich in diesen Fällen

der Stromstoß über eine Zeit von  $\frac{60 \cdot 9,5}{78 \cdot 360}$  Sek.

= 0,0203 Sek.  $\sim \frac{1}{50}$  Sek. oder ein Vielfaches davon. Wählt man für die Sektoren jedoch Winkel, die zwischen den angegebenen Beträgen liegen, so erreicht man innerhalb gewisser Grenzen alle möglichen Stromstöße.

2. Die Kondensatorentladung. Wir laden einen Papierkondensator von 3 mal 4 Mikrofara (Prüfspannung 600 bis 1500 Volt) durch eine Gleichstromquelle von 110 bis 220 Volt auf und entladen ihn unter Zwischenschaltung eines Voltmeters hohen Widerstandes (100 000 bis

200 000 Ohm). Der Ausschlag des Voltmeters geht erst schneller, dann immer langsamer zurück. Die Abzählung der Sekunden ergibt das Diagramm der Fig. 4. Genauere Werte erhält man, wenn man als Meßinstrument ein Spiegelgalvanometer mit einem Hochohmwiderstand von 5 bis 10 Megohm verwendet. Die Entladung läßt sich dann durch 30 bis 60 Sekunden beobachten, und man kann genug Spannungswerte zeitlich festlegen, um ein Kurvenbild hinreichender Genauigkeit zu bekommen. Die Gleichung dieser Entladungskurve, die man durch Auflösung der Differentialgleichung

$$J = \frac{dQ}{dt} = -C \cdot \frac{dE}{dt} = \frac{E}{R}$$

( $J$  = Stromstärke,  $Q$  = Elektrizitätsmenge,  $E$  = Spannung,  $R$  = Widerstand,  $C$  = Kapazität) erhält, lautet

$$J = J_0 \cdot e^{-\frac{t}{C \cdot R}}$$

( $e$  = Basis der nat. Log).

Es empfiehlt sich, das theoretische Kurvenbild mit dem empirisch aufgenommenen zu vergleichen. Wir wählen nun den Widerstand des Schließungskreises so klein, daß die Entladung praktisch in Zeitdauern abklingt, die klein gegen die Schwingungsdauer des ballistischen Galvanometers sind.

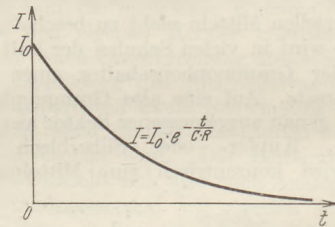


Fig. 4.

Das Instrument gestattet dann, das Flächenstück zwischen Kurve,  $J$ -Achse und  $t$ -Achse zu messen. Es ist also die Elektrizitätsmenge, mit der der Kondensator aufgeladen wurde,

$$Q = \int_0^T J dt = c \cdot s_0.$$

3. Die Kondensatorformel. Um zur Kondensatorformel zu kommen, zeigen wir, daß für einen bestimmten Kondensator das Verhältnis seiner Ladung zu seiner Spannung konstant ist. Wir benutzen einen Glimmerblockkondensator, der den Aufdruck „10 000 cm“ trägt, laden ihn zunächst mit 110 Volt und erhalten einen Ausschlag von 8,5 Skalenteilen, was einer Elektrizitätsmenge von  $12 \cdot 10^{-7}$  Amp.-Sek. entspricht. Laden wir nunmehr mit 55 Volt, so erhalten wir bei der Entladung einen Ausschlag von 4,3 Skalenteilen gleich  $6 \cdot 10^{-7}$  Amp.-Sek. Der Quotient  $\frac{Q}{E}$ , Elektrizitätsmenge in Amp.-Sek. dividiert durch Spannung in Volt, hat also in beiden Fällen den gleichen Wert, nämlich  $1,09 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Amp.-Sek.}}{\text{Volt}}$ .

Auch an einem Papierblockkondensator von der Größenordnung eines Mikrofara, den man mit

einer Stromquelle von etwa einem Volt Spannung auflädt, wird man die Formel

$$C = \frac{Q}{E}$$

bestätigen.

4. Die Kapazität eines Plattenkondensators. Auch die Formel, nach der die Kapazität eines Plattenkondensators aus der Plattenfläche  $F$ , dem Abstand  $d$  der Platten und der Dielektrizitätskonstante  $k$  ermittelt wird, leitet man mit Hilfe des ballistischen Voltmeters experimentell her. Zur Ermittlung der Abhängigkeit von der Plattenfläche bedienen wir uns eines Drehplattenkondensators mit halbkreisförmigen Platten und bestimmen seine Kapazität nach der Methode des vorigen Abschnitts zunächst einmal, wenn die beweglichen Platten ganz in die Zwischenräume zwischen den festen Platten hineingedreht sind, dann, wenn sie nur halb hineingedreht sind. Der Ausschlag ist im ersten Falle gerade doppelt so groß wie im zweiten. Um die Abhängigkeit der Kapazität von dem Plattenabstand zu erweisen, benutzen wir einen Präzisionsplattenkondensator, dessen Platten bei 2 mm Abstand mit 2000 Volt aufgeladen werden. Bringen wir die Platten nunmehr in 4 mm Abstand, so steigt die Spannung auf den doppelten Betrag. Als Meßinstrument für die Spannung ist natürlich ein statisches Voltmeter geringer Eigenkapazität zu verwenden. Um den Einfluß des Zwischenmittels zu zeigen, zugleich zur Definition der Dielektrizitätskonstante, setzen wir den zuerst benutzten Drehkondensator, dessen Maximalkapazität ja nun bekannt ist, in Öl. Der ballistische Ausschlag bei der Entladung ist jetzt dreimal so groß, mithin auch die Kapazität. Bezeichnen wir die Plattenfläche mit  $F$ , den Plattenabstand mit  $d$ , die Dielektrizitätskonstante mit  $k$ , so erhalten wir für die Kapazität die Formel

$$C = a \cdot \frac{F \cdot k}{d},$$

wo  $a$  eine Konstante bedeutet, die den Wert  $8,84 \cdot 10^{-14}$  hat, wenn  $F$  in  $\text{cm}^2$  und  $d$  in  $\text{cm}$  gemessen werden.

Eine Reihe weiterer Beziehungen für das elektrische Feld lassen sich ebenso einfach mit dem ballistischen Galvanometer quantitativ ableiten.

5. Der Induktionsvorgang. Steht nur ein aperiodisches Instrument zur Verfügung, so muß man sich mit der durch das Experiment (Bewegung eines Drahtes im Magnetfelde) wahrscheinlich gemachten Formel

$$E_i = -a \cdot \frac{d\Phi}{dt},$$

zufrieden geben, wo  $E_i$  die indizierte Spannung,  $\Phi$  den Kraftfluß,  $t$  die Zeit bedeutet. (Das  $-$  Zeichen bedeutet für den Fall, daß der Kraftfluß durch einen elektrischen Strom erzeugt wurde, eine Orientierung der Richtung der Induktionsspannung zur Richtung des Feldstromes.) Nun ist aber diese Formel der Messung schwer zugänglich; es empfiehlt sich, sie durch Integration umzuformen. Man erhält so

$$\int_0^t E_i dt = -a (\Phi_2 - \Phi_1) \dots (5)$$

Der auf der linken Seite auftretende Spannungsstoß ist nichts anderes als das von der Kurve  $E_i = j(t)$ , der  $E_i$ -Achse und der  $t$ -Achse begrenzte Flächenstück und ist durch unser ballistisches Galvanometer, das in diesem Falle als ballistisches Voltmeter geschaltet wird, direkt zu messen. Es ist, wenn der Vorwiderstand des Instruments, in den der Spulenwiderstand mit einzurechnen ist, mit  $R$  bezeichnet wird

$$\int_0^t E_i dt = R \cdot \int_0^t J_i dt = -a (\Phi_2 - \Phi_1)$$

Ist die rechts auftretende Kraftflußänderung  $\Phi_2 - \Phi_1$  bekannt, so läßt sich zunächst die Konstante  $a$  leicht ermitteln. Wir benutzen eine langgestreckte Spule, in deren Innerem das magnetische Feld annähernd homogen ist, zur Erzeugung des magnetischen Feldes. Ich wähle z. B. eine Spule von etwa 20 cm Länge, die mit 16 Lagen umspinnenen Kupferdrahtes von 1,1 mm Durchmesser bewickelt ist, so daß sie rund 120  $\frac{\text{Wdg.}}{\text{cm}}$

enthält.  $F$  ist etwa  $40 \text{ cm}^2$ . Die Feldstärke  $\mathfrak{H}$  läßt sich durch die Stromstärke in weiten Grenzen variieren. Diese Spule wird mit etwa 10 Windungen dünnen Kupferdrahtes umwickelt, deren Enden an die Klemmen des ballistischen Voltmeters angeschlossen werden. Aus dem Spannungsstoß, der in diesen 10 Windungen induziert wird, schließen wir auf den Spannungsstoß in einer einzigen Windung. Bei  $J = 5$  Ampère betrug in unserem Falle  $\mathfrak{H} = 0,4 \pi \cdot 600 = 750$  Gauss,  $\Phi = 30\,000$  Gauss  $\cdot \text{cm}^2$ . Bei einem 1000 Ohm Instrument erhielten wir einen Ausschlag von 21 Skalenteilen. Beim Einschalten ist  $\Phi_1 = 0$ ,  $\Phi_2 = 30\,000$ ,

$\int_0^t E_i dt = 21 \cdot 1,41 \cdot 10^{-4}$ . Die Rechnung ergibt also für  $a$  bei 10 Windungen einen Absolutwert von rund  $10^{-7}$ , bei einer Windung also  $10^{-8}$ . Die Induktionsformel lautet daher jetzt

$$\int_0^t E_i dt = -(\Phi_2 - \Phi_1) \cdot 10^{-8} \cdot n_1, \dots (6)$$

wo  $n_1$  die Windungszahl der Induktionsspule ist. Eine weitere Messung ergibt in Übereinstimmung mit der Formel (6), daß der Induktionsstoß beim Einschalten den gleichen Betrag hat wie beim Ausschalten, nur die Richtung ist entgegengesetzt.

6. Der Lufttransformator. Hat die Induktionsspule  $n_1$ , die Feldspule  $n_2$  Windungen, so ist der Induktionsstoß, sofern die Windungen der Induktionsspule ganz von der Änderung des Kraftflusses durchsetzt werden,

$$A = -0,4 \pi n_1 n_2 \cdot \frac{F}{l} \cdot (J_2 - J_1) \cdot 10^{-8} \text{ Volt} \cdot \text{Sek.}$$

Insbesondere ist der Induktionsstoß beim Einschalten

$$A_1 = -0,4 \pi \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot \frac{F}{l} \cdot 10^{-8} \cdot J \dots (7)$$

beim Ausschalten des Feldstromes

$$A_2 = +0,4 \pi \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot \frac{F}{l} \cdot 10^{-8} \cdot J \quad (8)$$

Beide Formeln werden leicht durch Messungen mit dem ballistischen Voltmeter bestätigt.

7. Der Erdinduktor. Man kann dieses Gerät bei einiger Geschicklichkeit selbst herstellen (Fig. 5). Es gehört dazu eine Spule von etwa 20 cm Windungsdurchmesser mit rund 1500 Windungen, aus 0,3 mm starkem lackierten Kupferdraht, die in einem Rahmen um einen Durchmesser als Achse um  $180^\circ$  drehbar ist. Der Rahmen seinerseits ist um eine zur Drehachse der Spule senkrechte Achse, die in der Rahmenebene liegt, drehbar. Eisen darf nicht beim Aufbau des Gerätes verwandt werden;

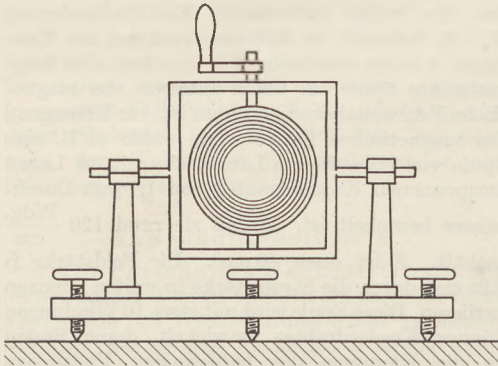


Fig. 5.

am besten werden alle Holzteile verleimt. Da die Spule einen Eigenwiderstand von 200 bis 300 Ohm hat, muß der Vorwiderstand des ballistischen Galvanometers entsprechend reduziert werden.

Um z. B. die Horizontalintensität des Erdfeldes zu bestimmen, wird die Spule so aufgestellt, daß ihre Drehachse senkrecht zur Horizontalebene und ihre Windungsfläche senkrecht zur magnetischen Meridianebene steht. Wird nun die Spule schnell um  $180^\circ$  gedreht, so beträgt die Kraftflußänderung zweimal  $F \cdot \mathfrak{H}_1$ , wo  $\mathfrak{H}_1$  die Horizontalintensität ist. Wird die Spule nämlich zunächst aus ihrer Anfangslage in die Meridianebene gedreht, so ändert sich der Kraftfluß um  $F \cdot \mathfrak{H}_1$ . Dreht man sie um  $90^\circ$  weiter, so kommt noch einmal der gleiche Betrag hinzu. Wir erhalten daher einen Induktionsstoß

$$\int_0^{\tau} E_i dt = -2 n \cdot F \cdot \mathfrak{H}_1 \cdot 10^{-8} \text{ Volt-Sek.},$$

$\mathfrak{H}_1$  ist also zu berechnen. Liegt die Drehachse

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Die experimentellen Ergebnisse beim Michelson-Versuch II<sup>1</sup>. Von OSKAR MATHIAS in Graz.

#### 6. KENNEDYS Versuche.

Die im vorigen Berichte auseinandergesetzten unerwarteten Versuchsergebnisse MILLERS ver-

<sup>1</sup> Nach Vorträgen, die der Verfasser im Sommersemester 1930 in den „Physikalischen Besprechungen“ der Grazer Universität gehalten hat.

der Spule horizontal, so läßt sich die Vertikal-komponente  $\mathfrak{H}_2$  des Erdfeldes bestimmen. Aus beiden Werten werden dann die Inklination  $\varphi$  und die Feldstärke  $\mathfrak{H}$  des Erdfeldes bestimmt.

Es ist  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\mathfrak{H}_2}{\mathfrak{H}_1}$  und  $\mathfrak{H} = \sqrt{\mathfrak{H}_1^2 + \mathfrak{H}_2^2}$ .

8. Der Transformator mit Eisenkern. Für die Versuche über die magnetische Induktion benutzt man vorteilhaft eine Ringspule mit Eisenkern, die man ebenfalls leicht selbst herstellen kann. Ein Ring aus lamelliertem Eisen von etwa 10 cm Durchmesser wird mit einigen Lagen isolierten Kupferdrahtes von 1,1 mm Durchmesser umwickelt. Zur Not genügt auch die im 5. Anwendungsbeispiel benutzte Spule, in deren Inneres man einen geschlossenen Eisenkern bringt. Sehr zu empfehlen ist auch ein Eisenkern, den man durch ein Joch schließen kann. Um die Spule werden ganz wenige Windungen als Induktionsspule gelegt, deren Enden mit den Klemmen des ballistischen Voltmeters verbunden werden. Schicken wir jetzt durch die Feldspule einen Strom, so werden die Spannungstöße viel größer, als nach den Formeln (6) bis (8) zu erwarten steht. Wir kommen so zur Definition der Permeabilität, und unsere Formeln (7) und (8) nehmen jetzt die Gestalt an beim Einschalten

$$A_1 = \int_0^{\tau} E_i dt = -0,4 \pi n_1 \cdot n_2 \cdot \frac{F}{l} \cdot \mu \cdot 10^{-8} \cdot J \text{ Voltsek.},$$

beim Ausschalten

$$A_2 = \int_0^{\tau} E_i dt = 0,4 \pi n_1 \cdot n_2 \cdot \frac{F}{l} \cdot \mu \cdot 10^{-8} \cdot J \text{ Voltsek.}$$

wo  $\mu$  die Permeabilität ist. Es läßt sich leicht im Experiment zeigen, daß dieses  $\mu$  vom Magnetisierungsstrom, bzw. von der Feldstärke abhängt, daß es bei wachsendem  $J$  zunächst ansteigt, einen Höchstwert erreicht und dann wieder abnimmt, und daß es für die gleiche Stromstärke beim Ein- und Ausschalten nicht den gleichen Wert hat. Der Verlauf der Hysteresisschleife läßt sich mit einer für unsere Zwecke ausreichenden Genauigkeit deutlich machen.

Es war im Rahmen dieses Aufsatzes natürlich nur möglich, einige wenige Beispiele für die Verwendung ballistischer Instrumente im Physikunterricht der Oberstufe zu geben; es erübrigt sich wohl der Hinweis, daß in ähnlicher Art auch andere Gesetze des elektrischen und des magnetischen Feldes experimentell in quantitativer Form mit dem ballistischen Galvanometer hergeleitet werden können.

langten natürlich eine Nachprüfung durch andere Forscher mit anderen Apparaten. R. J. KENNEDY war einer der ersten, der eine solche Nachprüfung unternahm, und es gelang ihm, durch Verbesserungen optischer Art am Interferometer die erforderliche Meßgenauigkeit zu erreichen, ohne die Länge des Lichtweges so groß zu machen, wie MILLER. So vermeidet er die Justierung der vielen Spiegel und durch sie bedingte Fehlerquellen. Als



Grundplatte benutzt KENNEDY eine quadratische Marmorplatte von 122 cm Seitenlänge und 10,5 cm Dicke, die, wie bei den früheren Versuchen, auf Quecksilber schwimmt. Die Spiegel sind in der aus Fig. 1 ersichtlichen Weise angeordnet; die interferierenden Strahlen wandern also auf jedem Apparatarm nur zweimal hin und her.

Die oben erwähnten Verbesserungen beziehen sich auf drei Einzelheiten, die nun besprochen werden sollen.

a) Heliumfüllung. Die früheren Versuche zeigten, daß eine beträchtliche Unschärfe der Interferenzfransen von kleinen Schlieren in der Luft herrührt, die durch lokale Temperatur- oder Druckschwankungen entstehen. Es liegt daher der Gedanke nahe, das Interferometer in ein luftdichtes, evakuierbares Gehäuse einzuschließen

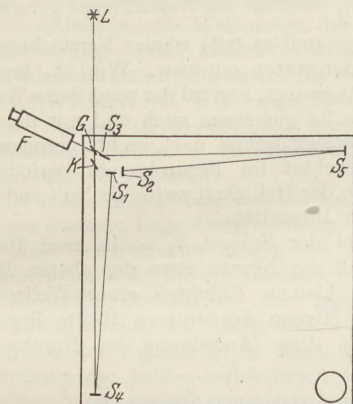


Fig. 1.

und die Lichtwege zwischen den Spiegeln ganz im Vakuum verlaufen zu lassen. Dieser Ausweg erweist sich aber als praktisch ungangbar, weil die geringsten Undichtigkeiten enorme Störungen verursachen, und weil auch die äußeren Druckschwankungen das Gehäuse und damit die Grundplatte störend beeinflussen würden. Der Ausweg KENNEDYS ist sehr geistreich.

Nach dem bekannten Gesetz von DALE und GLADSTONE ist der Brechungsquotient  $n$  eines Gases von seiner Dichte  $\rho$  so abhängig, daß  $\frac{n-1}{\rho} = \text{const.}$  ist. Die Konstante ist natürlich eine individuelle für jedes Gas. Bei Dichteschwankungen, die von kleinen Temperaturdifferenzen der verschiedenen Apparateile herrühren, wird der Druck konstant bleiben und deshalb die Dichte der Temperatur  $T$  verkehrt proportional sein. Daher wird:

$$n - 1 = \frac{k}{T} \dots \dots \dots (1)$$

wobei  $k$  eine neue individuelle Konstante ist. Vergleichen wir verschiedene Gase bei der gleichen Temperatur, so sehen wir, daß die Konstante  $k$  proportional  $(n - 1)$  ist. Nun ist der Brechungsquotient von Luft bei  $0^\circ \text{C}$  und Normaldruck:  $n_{\text{Luft}} = 1,000\,293$ , während für Helium im selben Zustand  $n_{\text{He}} = 1,000\,035$  ist. Wir sehen also,

daß  $(n - 1)$  für Helium weniger als  $\frac{1}{8}$  des betreffenden Wertes für Luft beträgt, und daher wird auch die Konstante  $k$  für Helium mehr als achtmal so klein sein als jene für Luft, also:  $k_{\text{He}} < \frac{1}{8} k_{\text{Luft}}$ . Gleichung (1) kann nun geschrieben werden:

$$n = \frac{k}{T} + 1 \dots \dots \dots (2)$$

und differenziert:

$$dn = - \frac{k}{T^2} \cdot dt \dots \dots \dots (3)$$

Aus (3) ersehen wir leicht, daß gleiche Temperaturschwankungen den Brechungsquotienten um so weniger beeinflussen werden, je kleiner die Konstante  $k$  für das betreffende Gas ist. Es werden daher Störungen des Brechungsquotienten durch gleiche Temperaturdifferenzen in Helium etwa achtmal so klein sein als in Luft. In ähnlicher Weise kann man zeigen, daß Strömungen durch rasche, also adiabatische, Druckschwankungen in Helium etwa zehnmal so klein sind (bei gleichen Druckänderungen) als in Luft.

(Der Wert  $\frac{1}{10}$  kommt dadurch zustande, daß zu dem Bruch  $\frac{k_{\text{He}}}{k_{\text{Luft}}}$  noch das reziproke Verhältnis der entsprechenden  $\gamma$ -Werte als Faktor hinzukommt, wobei  $\gamma$  das Verhältnis der spezifischen Wärmen  $\frac{c_p}{c_o}$  für das betreffende Gas bedeutet.)

KENNEDY verwendet daher ein versiegeltes Gehäuse, das auf die Interferometerplatte luftdicht aufgesetzt werden kann und mit Helium unter äußerem Luftdruck gefüllt ist. Da keine Druckdifferenz zwischen dem Inneren und dem Äußeren des Gehäuses vorhanden ist, werden die oben erwähnten Übelstände vermieden. Ferner ist wegen der geringen Größe des Apparates eine ausreichende Temperaturisolation möglich, und die Versuche zeigten auch, daß die Interferenzfransen völlig ruhig und deutlich waren.

b) Monochromatisches, linear polarisiertes Licht. Eine zweite Verbesserung erzielte KENNEDY durch die Verwendung von monochromatischem, linear polarisiertem Licht. Aus der Strahlung einer kleinen Quecksilberlampe wird durch ein System von Linsen und Prismen das grüne Licht der Wellenlänge 5461 ausgesondert und parallel gemacht. Ferner wird es so linear polarisiert, daß die Polarisationssebene senkrecht zur Einfallsebene der Trennungsplatte steht. Fig. 2 gibt eine schematische Skizze des Strahlenganges wieder. Die Trennungsplatte  $G$  ist auf der in der Figur durch einen dickeren Strich angedeuteten Seite durchsichtig platinieren,  $K$  ist die Kompensationsplatte,  $S_1$ ,  $S_2$  und  $S_3$  sind Spiegel. Ein von  $L$  kommender Lichtstrahl fällt unter dem Polarisationswinkel auf die Glasplatte  $G$  auf und tritt, wegen der Lage der Polarisationssebene, mit seiner ganzen Intensität in die Platte ein, ohne daß an der Oberfläche eine Reflexion stattfindet. Ebenso würde er auf der Unterseite von  $G$  wieder ohne Reflexion austreten, wenn diese Trennungsfläche nicht mit dem dünnen Platin-

häutchen überzogen wäre. Infolge seiner Polarisation ist der Strahl bei der speziellen Lage von  $G$  und  $K$  sozusagen bloß auf Durchgang gestimmt, und die durch das Prinzip des Interferometers notwendigen Reflexionen werden nur durch das Platinhäutchen auf  $G$  bewirkt. Durch die Verwendung von linear polarisiertem Licht werden daher Reflexionen an anderen Trennungsf lächen von  $G$  und  $K$  vermieden und infolgedessen Strahlen mit anderen Gangunterschieden ausgeschaltet, die das von den beiden Hauptstrahlen

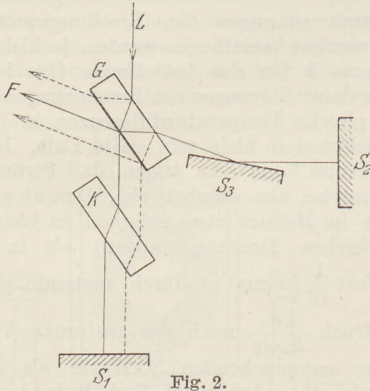


Fig. 2.

gebildete Interferenzmuster überlagern und seine Deutlichkeit beeinträchtigen würden. (In unserer Figur sind zwei dieser störenden Nebenstrahlen durch die gestrichelten Linien angedeutet.)

Da der Polarisationswinkel etwa  $56^\circ$  beträgt, stehen die beiden von der Platte  $G$  getrennten Strahlen zunächst nicht aufeinander senkrecht; diese Lage wird aber leicht durch das Einschalten des Spiegels  $S_3$  erreicht.

Die Verwendung linear polarisierten Lichtes bringt noch einen weiteren Vorteil mit sich. Bei solchem läßt sich nämlich durch Änderung des Reflexionsvermögens der Spiegel  $S_1$  und  $S_2$  die erforderliche Intensitätsgleichheit der beiden Strahlen leicht erreichen, was bei natürlichem Licht für seine beiden Komponenten unmöglich ist, weil, wie man leicht nachzählt, der durch die Kompensationsplatte wandernde Strahl zwei Trennungsf lächen mehr durchsetzen muß als der andere.

c) Der geteilte Spiegel. Die hohe Empfindlichkeit des Apparates, die KENNEDY trotz der kleinen optischen Armlänge von 2 m erreicht, beruht auf der Verwendung eines geteilten Spiegels, dessen Wirkungsweise nun beschrieben werden soll.

Nehmen wir an, die Interferometerspiegel seien so montiert, daß sich das Spiegelbild von  $S_1$ , das wir  $S_1'$  nennen, mit  $S_2$  genau deckt, oder daß sich diese Ebenen zumindest schneiden und der Winkel zwischen ihnen so klein ist, daß die Breite der gebildeten Interferenzfransen ein Vielfaches der Spiegelbreite ist. Dann haben die beiden interferierenden Strahlen keinen Gangunterschied gegeneinander und es werden die Wellenberge des an  $S_1'$  reflektierten Strahles genau mit jenen des

an  $S_2$  reflektierten zusammenfallen. Das Gesichtsfeld wird daher gleichmäßig hell erscheinen. Wird nun  $S_2$  in der Richtung des einfallenden Strahles und parallel zu sich selbst ein wenig verschoben, so erhält der von  $S_2$  reflektierte Strahl gegen den von  $S_1'$  reflektierten einen Gangunterschied, der der doppelten Entfernung  $x$  dieser beiden Spiegelebenen entspricht. Ist  $x = \frac{\lambda}{4}$ , wie in Fig. 3a

angenommen ist, so beträgt die Phasendifferenz eine halbe Wellenlänge und es werden im reflektierten Wellenbild die beiden Wellenzüge einander vernichten. In der Figur ist ihre Lage in einem bestimmten Augenblick dargestellt. Die ausgezogene Wellenlinie gibt den an  $S_1'$  reflektierten Wellenzug wieder, die punktierte den an  $S_2$  reflektierten. Das Gesichtsfeld erscheint also dunkel.

Für  $x = \frac{\lambda}{2}$  beträgt die Wegdifferenz gerade eine

Wellenlänge und es tritt wieder Verstärkung der beiden Intensitäten ein usw. Wird  $S_2$  langsam nach rechts bewegt, so wird der punktierte Wellenzug in Fig. 3a gleichsam auch und mit der doppelten Geschwindigkeit nach rechts gezogen und man beobachtet im Fernrohr ein periodisches Schwanken der Helligkeit zwischen Null und einer maximalen Intensität.

Nun sei der Spiegel  $S_2$  so in zwei Hälften geteilt, daß das Niveau etwa der oberen Hälfte um einen kleinen Bruchteil einer Wellenlänge über dem Niveau der unteren Hälfte liegt. In Fig. 3b ist diese Anordnung im Durchschnitt

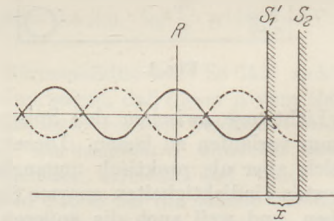


Fig. 3 a.

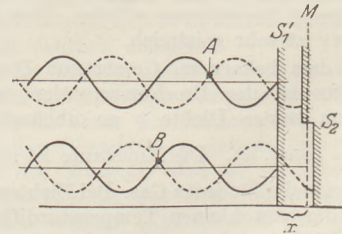


Fig. 3 b.

gezeichnet, wobei die punktierte Gerade die Spur einer Ebene  $M$  darstellt, die von den beiden Niveauf lächen des geteilten Spiegels gleichweit absteht. Liegt die Ebene  $M$  so, daß ein in ihr befindlicher Spiegel zusammen mit  $S_1'$  das Interferenzbild der Fig. 3a, also ein dunkles Gesichtsfeld, ergeben würde, dann ist für den oberen Teil von  $S_2$  diese Lage der Wellenzüge noch nicht erreicht, für den unteren Teil aber schon überschritten. Da beide Teile von der Mittelebene  $M$  gleichweit entfernt sind, so wird auch die Ver-

schiebung des punktierten Wellenzuges gegenüber seiner Lage in Fig. 3a für beide Spiegelhälften gleich groß, nur entgegengesetzt gerichtet sein. Wegen der Symmetrie der Wellenzüge in Fig. 3a um die Gerade  $R$  werden daher beide Verschiebungen einander spiegelbildlich um dieselbe Gerade  $R$  entsprechen und deshalb dieselbe resultierende Sinusschwingung ergeben, nur mit einer hier belanglosen Phasenverschiebung. (Die Wellenzüge bewegen sich ja mit Lichtgeschwindigkeit nach links.) Es erscheinen demnach die beiden Hälften des Gesichtsfeldes gleich hell<sup>1</sup>.

Wird nun  $S_2$  ganz wenig weiter nach rechts bewegt (oder durch einen Ätherwind eine dementsprechende Verschiebung der Strahlen erzeugt), so kommt die obere Hälfte von  $S_2$  der früheren Lage von  $M$  näher, die untere rückt dagegen noch weiter von  $M$  weg; daher werden im oberen Teil des Gesichtsfeldes die Wellenzüge der in a) gezeichneten Lage näher kommen und die Helligkeit wird abnehmen, die untere Hälfte hingegen wird heller werden. Wir sehen also, daß der geteilte Spiegel in dieser Lage ein ungemein empfindlicher Indikator für kleinste Verschiebungen eines Spiegels ist.

Hier muß übrigens bemerkt werden, daß noch bei einer anderen Lage der Wellenzüge die beiden Teile des Gesichtsfeldes gleich hell erscheinen, nämlich dann, wenn für die Mittelebene  $M$  gerade das Intensitätsmaximum der resultierenden Schwingung erreicht ist. Dann decken sich, wenn ein ungeteilter Spiegel in  $M$  liegt, gerade die Wellenberge der beiden reflektierten Wellenzüge und diese sind wieder symmetrisch um  $R$ . Es gelten daher auch für diese Lage die obigen Schlüsse. Nach dem WEBER-FECHNERSCHEN Gesetz aber ist das Auge für Helligkeitsänderungen um so empfindlicher, je kleiner die schon vorhandene Intensität ist, und deshalb wird das Instrument bei der früher beschriebenen Stellung der Spiegel, die dem Intensitätsminimum für die Ebene  $M$  entspricht, am empfindlichsten sein.

Versuche zeigten, daß ein Niveauunterschied der beiden Spiegelhälften von etwa  $\frac{1}{20} \lambda$  die besten Resultate ergab. Die Herstellung des Spiegels geschieht so, daß zunächst der Teil, der niedriger bleiben soll, durch ein scharfkantiges Mikroskop-Deckglas abgedeckt wird und der Glasplatte durch Kathodenzerstäubung ein Platinbelag von  $\frac{1}{20} \lambda$  Dicke gegeben wird. Sodann wird der ganze Spiegel nach demselben Verfahren mit einer homogenen Platinschicht überzogen.

Die theoretische Empfindlichkeit dieser Anordnung ist so groß, daß man noch Verschiebungen des Spiegels von der Größe  $\delta x = \frac{1}{20000} \lambda$  konstatieren könnte. Aus verschiedenen praktischen Gründen (Unvollkommenheiten der Optik u. dgl.) ist jedoch nur eine Verschiebung von  $\delta x = \frac{1}{1000} \lambda$  sicher nachweisbar. Diese praktische Empfindlichkeit bestimmte KENNEDY, wie es in der Inter-

ferometerpraxis häufig geschieht, durch das Auflegen von Gewichten auf die Grundplatte des Apparates. Ein Gewicht von etwa 5 kg bewirkt eine solche Deformation der schweren Marmorplatte, daß eine Verschiebung  $\delta x$  um eine halbe Wellenlänge eintritt. Das Auflegen eines 10 g Gewichtes auf dieselbe Stelle erzeugte einen gerade noch merklichen Effekt, der demnach  $\frac{10}{5000}$  einer halben Wellenlänge, also  $\frac{1}{1000} \lambda$  entspricht. Die MILLERSche Äthertrift von 10 km/sec müßte einen viermal so großen Effekt zur Folge haben.

Die Versuche wurden von KENNEDY in einem Raum konstanter Temperatur in California und im Mount-Wilson-Observatorium zu verschiedenen Tageszeiten ausgeführt, besonders oft aber zu jenen Zeiten, wo die MILLERSche Äthertrift ihr Maximum erreichen sollte. (Siehe unter Nr. 12 und 13 der Tabelle des vorigen Berichtes, diese Zeitschrift 45, S. 39). Es zeigte sich aber nicht die geringste Helligkeitsschwankung im Gesichtsfeld. Das Resultat war völlig negativ.

LLINGWORTH verbesserte die KENNEDYSche Apparatur noch weiter, besonders in optischer Hinsicht, und setzte die Versuche ebenfalls am Mount Wilson fort (Nr. 14 der zitierten Tabelle). Er schließt aus seinen Ergebnissen, daß die Geschwindigkeit der Äthertrift kleiner als 1 km/sec sein muß.

## 7. Die Versuche von PICCARD und STAHEL.

Die ersten Nachrichten über einen positiven Ausfall der Versuche MILLERS am Mount Wilson schienen anzudeuten, daß der gefundene Effekt mit wachsender Erhebung über dem Erdboden zunimmt<sup>1</sup>. PICCARD und STAHEL faßten daraufhin den Plan, Interferometerbeobachtungen im Freiballon anzustellen und arbeiteten eine geeignete Apparatur aus. Ohne Zweifel sind Versuche im Ballon am wenigsten möglicherweise vorhandenen Störungen durch die Erdoberfläche ausgesetzt. Der kleine zur Verfügung stehende Raum erfordert auch kleine Apparat-Dimensionen. Deswegen beträgt die optische Armlänge trotz mehrfacher Reflexionen bloß 2,8 m (siehe auch die Tabelle im vorigen Berichte). Die erforderliche Meßgenauigkeit wird durch Verwendung monochromatischen Lichtes, durch äußerst schwarze Interferenzfransen und vor allem durch photographische Registrierung ihrer Lage auf Filmen erreicht, die im Laboratorium dann bequem ausgemessen werden können. Die Rotation des ganzen Apparates wird durch zwei Propellerschrauben besorgt, die diametral am Ballonkörper montiert sind und durch kleine Motoren betrieben werden können. In einer Minute erfolgten etwa zwei bis drei Umdrehungen des Ballons. Das Interferometer ist in ein Gehäuse eingebaut, das durch einen Thermostaten auf konstanter Temperatur gehalten wird.

Bei der ersten Ausführung des Versuches am

<sup>1</sup> Man erkennt auch aus der Figur die Kongruenz der beiden Wellenbilder sofort, wenn man sie so parallel zueinander verschiebt, daß sich die Punkte  $A$  und  $B$  decken.

<sup>1</sup> Erst später stellte es sich heraus, daß auch die Beobachtungen in Cleveland bei entsprechender Bearbeitung einen Effekt gleicher Größe wie jene am Mount Wilson ergaben.

20. Juni 1926 konnte leider nicht die größtmögliche Genauigkeit der Messungen erzielt werden, weil die Nacht, in der die Forscher aufstiegen, ungewöhnlich warm war ( $+7^{\circ}\text{C}$  in 2500 m Seehöhe) und der Thermostat, der für Temperaturen unter  $0^{\circ}$  gebaut war, nicht funktionieren konnte. Eine definitive Entscheidung konnte daher nicht gefällt werden. Immerhin zeigten die Versuche, daß ein mit der Höhe stark zunehmender Effekt nicht besteht.

Die nächsten Versuchsreihen führten PICCARD und STAHEL in ihrem Laboratorium in Brüssel aus zu einer Tageszeit, da der MILLERSche Ätherwind einen maximalen Effekt zeigen sollte. Die Mittelbildung aus den Einzelmessungen bei 60 Umdrehungen des Apparates ergaben, daß die sich den Beobachtungsdaten am besten anschmiegende Sinuskurve eine Amplitude von  $0,0002 \pm 0,0007$  Streifenbreiten hatte, während nach MILLER diese Amplitude 0,0057 derselben Einheit betragen sollte. Man sieht sofort, daß der letztere Wert den mittleren Beobachtungsfehler weit übersteigt.

Ähnliche Resultate erhielten die beiden Forscher bei ihren Messungen in einer Dachkammer des höchst gelegenen Hotels am Rigi (1800 m), an einem Orte, der ganz frei gelegen ist, besonders gegen die Apexrichtung des MILLERSchen Ätherwindes. Wieder ergab die vektorielle Mittelbildung der über alle Azimute gleichmäßig verteilten Einzelwerte eine Amplitude von 0,00016 Streifenbreiten (entsprechend einer Ätherwindgeschwindigkeit von 1,5 km/sec.), während sie nach MILLER 0,0064 betragen sollte. Auch hier konnten demnach die Ergebnisse MILLERS nicht bestätigt werden.

#### 8. Die neuen Arbeiten von MICHELSON, PEASE und PEARSON.

Auch MICHELSON selbst wiederholte in den Jahren 1926 und 1927 mit PEASE und PEARSON seinen Versuch mit mehreren Verbesserungen und Verfeinerungen. Bei den ersten vorläufigen Ausführungen befand sich der Beobachter über dem Apparate und wurde während der Beobachtung mit der gleichen Geschwindigkeit wie dieser gedreht. Die interferierenden Strahlen werden in die Drehachse des Apparates reflektiert, in welcher auch das Beobachtungsfernrohr liegt. Im übrigen war die Anordnung jener beim ursprünglichen Experiment von MICHELSON und MORLEY durchaus ähnlich.

Bei der zweiten Versuchsreihe bestand die Grundplatte des Interferometers aus Gußeisen. Hier wurde auch die Lichtquelle senkrecht über der Plattenmitte unweit des Fernrohres angebracht. Durch sechsmalige Reflexion auf jedem Apparatarms wurde die optische Armlänge auf 16 m gebracht. Die Lage der Interferenzstreifen wurde von einem über dem Apparat in einem höher gelegenen Raum befindlichen Beobachter mittels eines Okularmikroskops bestimmt. Obwohl noch Temperatur- und Spannungseinflüsse merklich waren, zeigten die Beobachtungen doch

deutlich, daß keine Fransenverschiebung von der Größenordnung der nach MILLER zu erwartenden vorhanden war.

Auch die endgültigen Messungen der drei Forscher in einem Kellerraum von konstanter Temperatur im Mount-Wilson-Laboratorium, bei welchen die optische Armlänge weiter auf 26 m vergrößert worden war, verliefen gänzlich negativ. Die noch vorhandene Streifenverschiebung betrug bloß  $\frac{1}{15}$  der erwarteten. Auch diese Versuche sprechen somit gegen die Resultate MILLERS.

#### 9. Die Versuche von JOOS in Jena.

Zu den sorgfältigsten Wiederholungen des MICHELSON-Versuches gehören ohne Zweifel die Versuche von GEORG JOOS, die mit Unterstützung durch die Firma CARL ZEISS mit ihren reichen Hilfsmitteln in Jena ausgeführt wurden (Nr. 19 der öfter zitierten Tabelle). Dem Interferometer wurde hier wieder die Form eines Kreuzes (von etwa 4 m Durchmesser) gegeben, ähnlich wie bei den Versuchen von MORLEY und MILLER. Als Material für das Kreuz dienten Platten aus Quarzglas von 2 cm Dicke, die durch umgebogene Ränder verstärkt sind. Vier derartige Platten werden durch starke Klemmschrauben ohne Kittung zu dem Kreuz so zusammengesetzt, daß in seiner Mitte eine quadratische Öffnung von 10 cm Seitenlänge freibleibt. Bei dem bekanntlich kleinen thermischen Ausdehnungskoeffizienten ist Quarz natürlich ein ideales Material für Interferometerplatten. Durch eine sinnreiche Montierung werden aber auch elastische Spannungen und Deformationen in weitem Maße vermieden, indem die Kreuzarme durch eine große Anzahl von Querstäben unterstützt werden, die an beiden Enden mittels Spiralfedern an einem Rahmengestell aufgehängt sind. Dadurch wird die ganze Last des Querkreuzes gleichmäßig auf das Traggestell übertragen und es ist außerdem möglich, durch weitere Federn auch die Zusatzlasten der Spiegel und Glasplatten an ihrem Orte zu kompensieren.

Das ganze Kreuz wird von einem aus einer Aluminiumlegierung gegossenen, ebenfalls kreuzförmigen Gehäuse luftdicht umschlossen. Aus den schon oben (unter 6a) erwähnten Gründen wurde jedoch von einer Evakuierung des Gehäuses abgesehen, zumal sich die Störungen durch die eingeschlossene Luft auf ein Minimum reduzieren ließen. (Eine Füllung mit Helium wäre wohl in Europa zu kostspielig gewesen.)

Ganz abweichend von den bisherigen Versuchen war die Rotationsanordnung ausgebildet. Bisher schwamm bei allen Experimenten, mit Ausnahme der Ballonversuche von PICCARD und STAHEL, die Grundplatte auf Quecksilber, das in einem ringförmigen Behälter einen ebensolchen Holzschwimmer trug, auf dem dann die Platte auflag. JOOS erzielte eine viel größere Präzision in der konstanten Lage der Drehachse dadurch, daß er den ganzen Apparat um eine vertikale, mit drei Fußschrauben versehene Hohl säule rotieren ließ. An dieser sind in einem Abstände

von etwa 1 m die beiden zentrierbaren Schleiflager angebracht. Mittels einer Aufsatzlibelle konnte das Instrument so genau justiert werden, daß die Drehachse um weniger als um 1" von der Senkrechten abwich. Der Antrieb erfolgte durch einen genau regulierbaren Motor mittels Schnurriemenübertragung.

Über der Mitte des Apparates ist mit ihm fest verbunden eine kleine Quecksilberlampe angebracht. Ihre in die Drehachse nach unten reflektierte Strahlung wird durch ein Filter monochromatisch, durch eine Linse parallel gemacht und durch einen unter 45° gegen die Interferometerebene geneigten Spiegel zu einem am Ende eines Armes gelegenen Planspiegel reflektiert. Von diesem gelangt das Lichtbündel zur Teilungsplatte. Um die schon früher (unter 6b) erwähnten, überzähligen Reflexionen zu vermeiden, wird ein geistreicher Kunstgriff verwendet. Sowohl die Teilungs- als auch die Kompensationsplatte sind keilförmig geschliffen, und zwar so, daß sie zusammen wieder als planparallele Platte wirken. Dadurch wird erreicht, daß nur der ohne Reflexionen durchgehende Strahl seine ursprüngliche Richtung beibehält, während die an den nicht versilberten Trennungsf lächen reflektierten Strahlen in eine andere Richtung gespiegelt und so unschädlich gemacht werden. Durch dreimaligen Hin- und Hergang der Strahlen auf demselben Apparatarms wird eine optische Armlänge von 21 m erzielt. Ein Hohlspiegel macht die wiedervereinigten Strahlenbündel konvergent und ein unter 45° geneigter Spiegel wirft sie senkrecht durch die oben erwähnte quadratische Öffnung im Quarkreuz nach unten zur photographischen Kamera. Vor dieser befindet sich normal zu den gebildeten Interferenzfransen ein 0,2 mm breiter Spalt, hinter dem die photographische Platte liegt. Sie wird durch denselben Motor, der den Antrieb der Rotation besorgt, senkrecht zum Spalt langsam bewegt. Am Orte, wo die Fransen entstehen, also am Orte eines der beiden Endspiegel, die zusammen den Keil für die Kurven gleicher Dicke bilden, befinden sich die Nullmarken in Gestalt von drei dünnen in ein Rähmchen gespannten Drähten. Da auch diese Nullmarken zur Abbildung gelangen, ist bei der Vermessung der Platten nur die Bestimmung der relativen Lage der Fransen zu einer dieser Marken erforderlich. (Wegen der Möglichkeit des Verdeckens durch die dunklen Fransen müssen mehrere Nullmarken angebracht werden.) Die Transportgeschwindigkeit der Platten wurde so gewählt, daß auf einer Platte die Streifenlage für zwei Umdrehungen des Apparates registriert wurde.

Die Feinbewegung der Spiegel erfolgt durch Änderung der Spannung in den elastischen Gegenlagern der Spiegelhalter. Bei dem einen der beiden Endspiegel ist die Betätigung dieser Feinbewegung von außen durch eine elektromagnetische Zahnradbewegung möglich. Es hatte sich nämlich gezeigt, daß die Einführung der Hand in das Gehäuse zum Zwecke der Bedienung dieser Schrauben bereits solche thermischen Störungen

zur Folge hatte, daß die Streifen erst nach Stunden wieder zur Ruhe kamen.

Zunächst wurde eine große Anzahl von Versuchen angestellt, um störende Einflüsse und Fehlerquellen zu studieren. Dabei zeigte es sich, daß ein der Wirkung eines Ätherwindes analoger, d. h. mit der halben Umdrehung periodischer Effekt nur dann eintrat, wenn das Kreuz bei stärkerer Schiefstellung der Drehachse (etwa 1' Abweichung von der Vertikalen) durch Aufsitzen auf die Dämpfungsbürsten periodisch deformiert wurde. Weiter zeigten diese Versuche, daß Temperaturdifferenzen von einigen Zehntel-Grad zwischen der Innen- und Außenwand des Versuchsraumes Fransenverschiebungen zur Folge haben, die mit der vollen Umdrehung des Interferometers periodisch sind. Auch die Erschütterungen beim Plattenwechsel erzeugten äußerst langsam abklingende Störungen. Bei den endgültigen Versuchen am 10. und 11. Mai 1930 wurden alle Störungen durch entsprechende Vorsichtsmaßnahmen ausgeschaltet oder möglichst unschädlich gemacht. Der Apparat lief schon vorher 2 Tage lang leer, um einen völligen Temperatúrausgleich zu erzielen. Nach dem Plattenwechsel, den der Beobachter unter dem Apparat liegend vornimmt, wurde immer eine halbe Stunde gewartet und dann erst aus einem Nebenraum die Mitbewegung der Platte ausgelöst. Alle diese Vorsichtsmaßnahmen sind notwendig wegen der ungeheuren Präzision, die diese Messungen erfordern, und die am besten durch ein Beispiel von Joos illustriert wird. Sollen noch Streifenverschiebungen von  $\frac{1}{1000}$  Wellenlänge konstatiert werden, dann bedeutet dies bei der optischen Armlänge von 21 m und einer Wellenlänge von 5461 Å.-E. eine Relativverschiebung von der Größe  $2,6 \cdot 10^{-11}$ . Dieser Verhältniszahl entspricht bei der Entfernung des Mondes von der Erde eine Verschiebung von bloß 1 cm!

Die Auswertung der gewonnenen Platten geschieht durch ein registrierendes Mikrophotometer, das die Helligkeitsverteilung in der Richtung des Spaltes aufzeichnet. Dabei kommen neben den Interferenzstreifen entsprechenden Zacken auch jene der Nullmarken zur Aufnahme, und es können deren Abstände leicht ausgemessen werden. So erreicht man die oben angegebene äußerst große Genauigkeit.

Die endgültigen, über ein Intervall von 24 Stunden ausgedehnten Messungen zeigten, daß die Amplitude der einem Ätherwind entsprechenden Verlagerung der Fransen kleiner als  $\frac{1}{1000}$  Streifenbreite sein muß, entsprechend einer Triftgeschwindigkeit von 1,5 km/sec. Auch diese außerordentlich sorgfältigen Versuche zeigen somit, daß der MILLERSche Effekt durch irgendwelche Störungen verursacht sein muß und nichts mit einer wirklichen Äthertrift zu tun hat.

#### 10. Einiges über die Theorie des Versuches.

Im 1. Berichte (44, S. 174) ist bei der Ableitung der Formel für die Phasenverschiebung der interferierenden Wellenzüge schon bemerkt

worden, daß die elementare Theorie des Versuches nicht einwandfrei ist. Es wird bei den dort gegebenen Ableitungen nicht beachtet, daß bei einer Relativbewegung zwischen Äther und Apparat die Reflexionen an bewegten Spiegeln stattfinden, wodurch das Reflexionsgesetz geändert wird und neben der Phasenverschiebung auch eine Drehung der interferierenden Strahlen eintritt. Ferner ist zu beachten, daß für einen bewegten Beobachter die Strahlrichtung im allgemeinen nicht mit der Richtung der Wellennormalen zusammenfällt. Wir sehen also, daß die Theorie des Versuches eine tiefergehende Analyse verlangt. Es würde hier aber zu weit führen, eine eingehende Darstellung aller einschlägigen Arbeiten zu geben und deshalb wollen wir uns darauf beschränken, in einer kurzen Skizze die Ansichten der maßgebenden Forscher zu entwickeln.

H. A. LORENTZ geht von den Prinzipien von HUYGENS und FERMAT aus und zeigt, daß, wenn man sich auf Glieder zweiter Ordnung in  $v/c$  beschränkt, die elementare Theorie die gleiche Phasenverschiebung wie eine exakte Theorie ergibt. Damit wäre also gezeigt, daß die oben erwähnten, in der elementaren Theorie nicht berücksichtigten Einflüsse der Ätherbewegung erst Glieder von höherer als der zweiten Ordnung verändern können.

Zu anderen, den eben erwähnten widersprechenden Resultaten kommen andere Forscher, z. B. RIGHI und später E. R. HEDRICK. Dieser geht von der Betrachtung der sogenannten „absoluten“ Lichtwege aus, d. h. von den Lichtwegen im Äthersystem. Unter Zugrundelegung des HUYGENSschen Prinzips wird das Reflexionsgesetz für bewegte Spiegel abgeleitet und gezeigt, daß die durch das geänderte Reflexionsgesetz bedingte Drehung des einen Strahles eine Drehung der Wellenfronten und damit eine Verschiebung der Interferenzfransen zur Folge hat, die bei Berücksichtigung der Glieder zweiter Ordnung durchaus nicht zu vernachlässigen ist. HEDRICK zeigt ferner, daß der Effekt von der jeweiligen Einstellung des Interferometers abhängt und daher eine Mittelbildung über verschiedene Beobachtungsserien keinen Sinn hat. Die Ergebnisse von HEDRICK wurden von P. S. EPSTEIN weiter diskutiert. EPSTEIN zeigte, daß für den idealen Fall unendlich breiter Interferenzfransen, also für einen Keilwinkel 0, auch vom Standpunkt der Äthertheorie kein Effekt von der zweiten Ordnung zu erwarten ist, weil in diesem Falle die Fransenverschiebung infolge der Drehung des einen Strahles gerade die durch die Phasenverzögerung bewirkte Verschiebung kompensiert. Hingegen ist nach EPSTEIN für solche Fransenbreiten, wie sie bei den Versuchen von MICHELSON, MORLEY und MILLER verwendet wurden, der erste Effekt gegen den zweiten überaus klein, so daß auch auf diesen Fall die elementare Theorie anwendbar wäre. Bei den Versuchen von KENNEDY ist die Fransenbreite sehr groß, aber sicherlich noch unter 250 cm, für welche Grenze erst

der durch die Drehung des Strahles bewirkte Effekt eine merkliche Größe annimmt.

Worin die Unstimmigkeit zwischen den Ableitungen von LORENTZ und HEDRICK liegt, ist bis heute noch nicht aufgeklärt. LORENTZ verteidigt seine Theorie und weist mit Recht auf die vielen Schwierigkeiten der Betrachtungsweise von HEDRICK und den anderen erwähnten Forschern hin, während HEDRICK glaubt, daß die Entwicklungen von LORENTZ zu allgemein sind und auf die spezielle Anordnung der Versuche keine Rücksicht nehmen. Es scheint aber, daß für kleine Fransenbreiten trotz der bestehenden Differenzen die aus den Versuchsergebnissen gezogenen Schlüsse von beiden Seiten gebilligt werden.

In neuester Zeit ist von E. PAPPERITZ eine vorläufige Mitteilung über eine neue Arbeit erschienen, in welcher er auch die absoluten Lichtwege berechnet und auf Grund seiner Ergebnisse die Ansicht äußert, daß bei allen Wiederholungen des Versuches Fehler in der Versuchsanordnung gemacht worden sind. Eine ausführliche Publikation steht aber noch aus, so daß ein Urteil über die Berechtigung dieser Behauptung derzeit noch nicht möglich ist.

#### Literaturverzeichnis.

##### Zum 1. Bericht:

Berichte über die Konferenz am Mount Wilson sind erschienen:

Astrophys. J. Bd. 68 S. 341.

EPSTEIN: Naturwiss. 1929 S. 923.

Die Literatur zur geschichtlichen Übersicht ist ungemein groß, und es kann daher hier nur auf die zahlreichen Literaturangaben in MÜLLER-POUILLET'S Lehrbuch der Physik, 11. Aufl., Bd. 2, 1. Hälfte, S. 10 bis 80 verwiesen werden, wo auch eine ausgezeichnete Darstellung der Geschichte des Äthers gegeben wird.

##### Zum 2. und 3. Bericht:

EINSTEIN, A.: Zur Elektrodynamik bewegter Körper. Ann. Physik. Bd. 17 (1905) S. 891.

REICHENBACH, H.: Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre. Braunschweig: F. Vieweg & Sohn (Sammlung „Die Wissenschaft“) 1924.

REICHENBACH, H.: Philosophie der Raum-Zeit-Lehre. Berlin-Leipzig: W. de Gruyter u. Co. 1928.

SWANN: Relativity and Aether Drift, Physic. Rev. Bd. 35 (1930) S. 336–346.

##### Zum 4. und 5. Bericht:

MICHELSON, A. A.: Amer. J. Sci. Bd. 22 (1881) S. 120.

MICHELSON u. MORLEY: Philos. Mag. Bd. 24 (V. Ser., 1887) S. 449.

MORLEY u. MILLER: Philos. Mag. Bd. 8 (VI. Ser. 1904) S. 753; Bd. 9 (1905) S. 680.

MILLER, D. C.: Science (N. S.) Bd. 63 (1926) S. 433. (Man vergleiche auch den an 1. Stelle zitierten Bericht über die Konferenz am Mount Wilson.)

KENNEDY, R. J.: Astrophys. J. Bd. 68 (1928) S. 367.

ILLINGWORTH: Physic. Rev. Bd. 30 (II. Ser., 1927) S. 692.

STAHEL: Naturwiss. 1926 S. 935.

PICCARD u. STAHEL: Naturwiss. 1927 S. 140; 1928 S. 25.

MICHELSON, PEASE u. PEARSON: Nature Lond. Bd. 123 (1929) S. 88.

JOOS: Ann. Physik Bd. 7 (5. Folge 1930) S. 385.

THIRRING, H.: Z. Physik. Bd. 35 (1926) S. 723.

WEBER, J.: Physik. Z. Bd. 27 (1926) S. 5.

Man vergleiche auch den Artikel von LAUE im Handbuch der Experimentalphysik, Bd. 18 S. 90.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Anfangsgründe der Physik (Natschalnaja Fisika).** Von A. ZINGER. 20. Aufl. (1251. bis 1350. Tausend). 416 S. mit 603 Abb. im Text und 7 künstlerischen Beilagen. Staatlicher Verlag für Erziehung und Unterricht, Leningrad 1931. Preis 1 Rbl. 60 Kop. (etwa RM 3,20).

Das vorliegende Werk ist allen Pädagogen des alten Rußland ein lieber Bekannter; es gehörte damals zu den führenden Lehrbüchern der Physik und erlebte als solches bereits 8 Auflagen. Als es zum erstenmal erschien, waren jene alten Lehrbücher, die an den Anfang eines jeden Paragraphen eine abstrakte Definition stellten und sich auf eine kurz mitteilende Darstellung beschränkten, glücklich überwunden; am vorliegenden Lehrbuch schätzte man daher, daß es immer von den Erfahrungen des Schülers und den Beobachtungen des täglichen Lebens ausging. Die Darstellung war überall eine entwickelnde und wurde unterstützt durch eine Fülle gut ausgewählter Abbildungen und durch ausführliche geschichtliche Rückblicke.

Mittlerweile hat das Buch 20 Neuauflagen erreicht; die — auch für russische Verhältnisse — enorme Auflagenhöhe von insgesamt 1 Million 350 Tausend Exemplaren läßt sich wohl zum Teil durch die Monopolstellung des staatlichen Verlages erklären. Der Verfasser hat das Buch mehrfach überarbeitet und ergänzt; viele Abbildungen sind durch neue ersetzt worden, ihre Zahl hat sich vergrößert.

Da das Buch nur die Unterstufe der Physik umfaßt, hat der Verfasser mathematische Formulierungen nach Möglichkeit vermieden. Aus diesem Grunde sind einige Kapitel (z. B. das Pendel) überhaupt nicht aufgenommen worden. Eine Reihe von ergänzenden Abschnitten, die über den Rahmen der Unterstufe hinausgehen und ohne Nachteil für einen systematischen Lehrgang fortgelassen werden können, ist durch kleineren Druck gekennzeichnet.

In Rücksicht auf die besonderen Verhältnisse Rußlands hat der Verfasser wohl gleich von Anfang an damit gerechnet, daß vielen Tausenden seiner Leser die führende Hand des Lehrers fehlen wird. Er hat daher dafür gesorgt, daß sich sein Buch auch zum Selbststudium eigne. Die Sprache ist daher schlicht, die Darstellung etwas breit (dadurch erklärt sich auch der ziemlich große Umfang); nur sollte sich der Verfasser im Bestreben nach Vereinfachung nicht zu fehlerhaften Definitionen verleiten lassen. („Die Stoffe, die bei der Elektrolyse an den Elektrolyten abgeschieden werden, heißen Ionen.“)

Wie in den ersten Auflagen ist auch jetzt dem Lehrstoff ein „Nachwort“ hinzugefügt: „Einiges aus der Physik der uns umgebenden Natur.“ Dieser Lesestoff will eine Brücke schlagen zwischen den Versuchen im Laboratorium und der Welt des täglichen Lebens. Neu und zweifellos sehr anregend ist der Abschnitt: „Graphische Darstellung der physikalischen Gesetze und Erscheinungen.“

Während der Inhalt des vorliegenden Buches mit der Zeit gewonnen hat, kann man das von der äußeren Ausstattung leider gar nicht sagen: das Papier und der Druck sind derart dürftig, wie es in Deutschland selbst in den schlimmsten Zeiten des Mangels nicht möglich war. Allerdings ist der Preis verhältnismäßig sehr niedrig.

Im Vorwort stellt der Verfasser eine Neubearbeitung in Aussicht, die sein Lehrbuch „den neuzeitlichen Lehrplänen und Programmen besser anpassen soll“. Vielleicht gelingt es dann, das äußere Gewand des Buches mit dem wertvollen Inhalt besser in Übereinstimmung zu bringen.

*Ed. Wittenburg.*

**Praxis der Linsenoptik.** Von W. VOLKMANN. 2. Aufl. Berlin 1929, Gebr. Borntraeger, 199 S., 50 Textabbildungen und 4 Tafeln. Geb. RM 7,50.

Der Verfasser stellt sich die Aufgabe, eine Einführung in die Linsenoptik auf experimenteller Grundlage zu geben. Die für die Versuche nötige Apparatur ist sehr einfach und besteht in der Hauptsache aus einem halben Dutzend passend gewählter Brillengläser. Diese kann der Experimentierende selbst in eine Fassung setzen und die notwendigen kleinen Stativ usw. selbst bauen. Für Zwecke der Schule wird es sich empfehlen, die ganze Apparatur mit kleinen Eisenstativen fertig von der Firma Preuschoff, Berlin, Luisen-ufer 11, für etwa 30 M. zu beziehen.

Es ist erstaunlich, welche Fülle von Versuchen sich mit der kleinen Apparatur ausführen läßt. Außer den einfachen Abbildungsversuchen, von denen man im Unterricht bei der Behandlung der Linsen ausgehen wird, lassen sich damit ein kleiner Projektionsapparat, Fernrohrmodelle und ein Augenmodell zusammenstellen. Weiter läßt sich, was für die Oberstufe des Unterrichts in Frage kommt, die chromatische und die sphärische Abweichung samt ihrer Beseitigung demonstrieren, die Wirkung der Blenden, Bildfeldwölbung und vieles andere. Selbst die experimentellen Grundlagen für die ABESsche Theorie der Beugung am Mikroskop lassen sich zeigen.

Im Zusammenhang mit den Versuchen entwickelt der Verfasser eine Menge Tatsachen aus der Praxis und der Theorie der Linsenoptik. Trotzdem er die Dinge gründlich behandelt, bleibt die Darstellung gut verständlich, da sie immer wieder auf Versuche zurückgreift. In besonderen Kapiteln werden photographisches Objektiv, Lupe, Mikroskop und Fernrohr behandelt, und es werden einfache Verfahren zur Prüfung dieser Instrumente dargestellt. In einem Anhang sind experimentelle Übungsaufgaben zusammengestellt, von denen viele sehr geeignet sind für physikalische Schülerübungen. Übrigens ist dieser Anhang vom Verlage gesondert zu beziehen zum Preise von etwa 0,15 M.

Gegenüber der ersten Auflage, die bereits viele Freunde gefunden hat, zeigt die zweite Auflage keine einschneidenden Veränderungen. Die Figuren sind vermehrt und zum Teil erneuert;

neu ist auch der Anhang mit den Übungsaufgaben. Da ferner die Glühlampentechnik inzwischen geeignete kleine Glühlampen entwickelt hat, so steht als Lichtquelle bei den Versuchen die kleine Glühlampe jetzt an erster Stelle vor dem Glühstrumpfstückchen und dem Glühstrumpffaden.

VOLKMANN'S „Praxis der Linsenoptik“ gehört zu denjenigen Büchern, die jeder Physiklehrer kennen muß. Insbesondere wird er das Buch zu Rate ziehen müssen, wenn er vor die Aufgabe gestellt ist, optische Schülerübungen einzurichten.

*P. Henckel.*

**Die elektrischen Maschinen.** Bd. II: Konstruktion und Isolierung. Von Dr. Ing. M. LIWSCHITZ und Dipl.-Ing. H. GLÖCKNER, Oberingenieure der Siemens-Schuckert-Werke, Berlin. Mit 462 Abbildungen im Text und 13 Tafeln. Leipzig-Berlin 1931, Verlag B. G. Teubner. Preis geb. RM 19,—.

Der vorliegende zweite Band verfolgt vor allem den Zweck, Studierenden und jüngeren Ingenieuren das Verständnis für die elektrischen Maschinen zu vermitteln und ihnen die für das selbständige Entwerfen derselben erforderlichen Grundlagen der Isolierung und Konstruktion zu geben; er soll aber auch dem in der Praxis stehenden Konstruktionsingenieur als Nachschlagewerk dienen. Aber wenn das Buch auch in erster Linie der praktischen Elektrotechnik dienen soll, so wird doch auch der Physiklehrer manches darin gern lesen, der sich dafür interessiert, wie die physikalischen Tatsachen durch Konstruktion und Isolierung von der Elektrotechnik gemeistert werden. Besonders liefern die vielen Abbildungen einen Einblick in den hohen Stand der elektrotechnischen Industrie. Jedes Material, das verarbeitet wird, hat — so kann man sagen — seine besondere Wissenschaft, wie aus den vielen tabellarischen Übersichten hervorgeht, und jeder Konstruktionsteil, so belanglos es bei den in Schulbetriebe vorkommenden kleinen Maschinen auch scheint, wird mathematisch-rechnerisch durchdrungen, sobald es sich um Maschinen großer Leistung für Dauerbetrieb handelt. Eine kritische Würdigung aller Einzelheiten des Buches müßte ausführlicher gehalten sein, als der in der Zeitschrift verfügbare Raum gestattet.

*Steindel.*

**Anschluß!** Das Elektrizitätsbuch fürs tägliche Leben. Für Selbstunterricht und Schule. Von DENCKER-VORMFELDE. Berlin 1930, Paul Parey, 191 Seiten, 154 Textbilder. Geb. RM. 5,80.

Das Buch ist für Laien bestimmt, die den Wunsch haben, sich die notwendigsten Kenntnisse aus der Elektrotechnik anzueignen. In dem ersten Teil werden die Begriffe Stromstärke, Spannung, Widerstand, Arbeit, Leistung an Hand von praktischen Aufgaben erläutert, und es werden einige einfache Schaltungen erklärt. Der zweite, wesentliche Teil des Buches zerfällt in 5 Abschnitte A bis E, von denen der erste „die Umwandlung von mechanischer Energie in elek-

trische und umgekehrt“ behandelt. Es werden hier die elektrischen Generatoren und Motoren in klarer, anschaulicher Form dargestellt. Unterstützt wird die Darstellung durch gute Figuren und durch kleine, der Praxis entnommene Aufgaben. Es gelingt hier den Verfassern, auch dem Laien ein leidlich klares Bild z. B. vom Wesen des Drehstrommotors zu geben.

Die Abschnitte B und C handeln von der Verwandlung der elektrischen Energie in Wärme und Licht sowie in chemische Energie, D und E bringen wichtige Einzelheiten über die elektrischen Anlagen und aus der Schwachstromtechnik. Der Anhang enthält die Merkblätter über die Behandlung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft und über die Verhaltensmaßregeln gegenüber elektrischen Freileitungen.

Die Verfasser bemühen sich, dem Leser die Gefahren klarzumachen, die durch unsachgemäße Behandlung der elektrischen Einrichtungen entstehen, wie: Überbrückung von Sicherungen, Berührung metallischer Leitungstücke usw. Sie unterstützen dadurch wirksam die Bemühungen der Schule. Das Buch wird von den Schülern gern gelesen und ist zur Anschaffung für die Schülerbücherei sehr zu empfehlen.

*P. Henckel.*

**Leipziger Vorträge 1930. Elektroneninterferenzen.** Herausgegeben von P. DEBYE. 85 S. mit 18 Figuren im Text und auf einer Tafel. Leipzig 1930, S. Hirzel. Kart. RM 6.—.

Die hier zusammen abgedruckten Vorträge wurden auf der Leipziger Vortragswoche 1930 gehalten. Zur Diskussion standen die Elektroneninterferenzen. In dem ersten der 7 Vorträge behandelt E. RUPP „Das innere Potential und die elektrische Leitfähigkeit der Kristalle“. Er geht dabei besonders auf die Erscheinungen ein, die bei langsamen Elektronen beobachtet werden. Daraus ergeben sich Aussagen über den Potentialsprung an der Oberfläche der beugenden Substanz sowie über das Oberflächenfeld überhaupt. Dann berichtet R. WIERL in seinem Vortrage über „Elektroneninterferenzen an freien Molekülen“ über seine Versuche mit freien Molekülen, die sowohl für innermolekulare Abstandsmessungen als auch für den atomaren Streufaktor für Elektronen von Bedeutung sind. Der dritte Vortrag „über die Streuung von Röntgenstrahlen und Kathodenstrahlen“ von H. MARK geht auf die Verfeinerungen an der einfachen, klassischen Theorie der Kristallinterferenzen ein, die durch die Interferenzen der Sekundärwellen bedingt sind. Erörtert werden die experimentell feststellbaren Folgerungen der DARWIN-EWALDSchen Dispersionstheorie für Röntgenstrahlen und der BETHEschen Dispersionstheorie für Elektronenstrahlen. Der Vortrag von MOTT beweist, daß die Eigenschaften des Atomformfaktors von der Theorie vollständig wiedergegeben werden. Aus den nun folgenden drei Vorträgen über Metallelektronen geht hervor, daß wir erst am Anfang einer Theorie stehen, die zwar schon in ihrer jetzigen Form



wertvolle Dienste geleistet hat, von der wir aber doch wahrscheinlich noch viel erwarten können. In dem Vortrage von GRÜNEISEN über „die Temperaturabhängigkeit des elektrischen und thermischen Widerstandes der Metalle nach Theorie und Experiment“ werden vor allem die Versuchsergebnisse mit den Folgerungen der modernen Interferenztheorie verglichen. „Es ist keine Frage, daß der SOMMERFELDSche Vorstoß in dieser Richtung zusammen mit den dadurch veranlaßten Arbeiten derselben Tendenz das Verständnis für die Erscheinungen in Metallen sehr gefördert hat. Es ist aber ebenso sicher, daß noch eine Reihe von Fragen, die das Experiment uns aufgibt, von der Theorie noch gar nicht oder doch nur andeutungsweise behandelt sind“ (aus dem Vorwort). Dann folgt BLOCH mit einem Vortrag über „Die Wechselwirkung der Metallelektronen“, die meist vernachlässigt wurde. PEIERLS behandelt schließlich in einem Vortrag über „Das Verhalten metallischer Leiter in starken Magnetfeldern“ die Leitfähigkeitsänderungen, die nach Versuchen von KAPITZA, MEISSNER und SCHEFFERS durch ein Magnetfeld hervorgerufen werden. So hat uns DEBYE hier in diesen Vorträgen ein ausgezeichnetes Buch vorgelegt, das bis in die vorderste Front der Forschung führt mit zahlreichen Anregungen für wissenschaftliche Arbeit. Wer es studiert, wird großen Gewinn davon haben.

A. Wenzel.

**Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie.** Von W. HEISENBERG. 117 S. mit 22 Abbildungen im Text. Leipzig 1930, S. Hirzel. Geh. RM 7.—; geb. RM 8.50.

Seit BOHRs abschließenden Untersuchungen über die Prinzipien der Quantentheorie aus dem Jahre 1927 hat sich daran nichts Wesentliches mehr geändert. Wesentliche Konsequenzen der Theorie sind seither durch neue Experimente bestätigt worden, wie z. B. durch den Raman-effekt. Über den mathematisch-formalen Apparat der Quantentheorie gibt es einige ausgezeichnete Darstellungen. Und doch herrscht bei manchem Physiker wohl mehr ein Glaube an die Richtigkeit der Prinzipien der Quantentheorie als ein klares Verständnis. Dies zu gewinnen, ist auch für den im Beruf stehenden Physiker, vor allem den Lehrer in heutiger Zeit, nicht so einfach. Da ist es gerade von dieser Seite aus besonders zu begrüßen, wenn es ein erfolgreicher Universitätslehrer unternimmt, die Prinzipien der Quantentheorie von der physikalischen Seite aus zu untersuchen, wie es HEISENBERG in vorliegender Schrift tut, die Vorlesungen wiedergibt, die er im Frühjahr 1929 an der Universität in Chicago gehalten hat. Zu begrüßen ist es auch, daß er im eigentlichen Text sich mit den einfachsten Formeln und Rechnungen begnügt hat. Das macht die Schrift auch für weniger weit mathematisch Vorgebildete verständlich. Wer den mathematischen Apparat sucht, findet ihn im Anhang mehr in Form einer Formelsammlung. In der ganzen Darstellung ist die Gleichberechtigung der Korpuskular- und der

Wellenvorstellung herausgearbeitet, wie sie auch neuerdings in dem Formalismus der Theorie zum Ausdruck kommt. Wie HEISENBERG betont, erkennt man so recht klar, daß man z. B. in der Frage der Gültigkeit des Kausalitätsgesetzes oder in anderen prinzipiellen Fragen nichts gewinnt, wenn man von der einen Vorstellungsweise zur anderen übergeht (nach dem Vorwort). Nach einem kurzen Hinweis auf die Grundbegriffe der Quantentheorie werden die physikalischen Begriffe sowohl des Partikalbildes wie auch des Wellenbildes einer Kritik unterzogen und dann die Quantentheorie statistisch gedeutet. Den Schluß des Textes bildet eine Diskussion wichtiger Experimente, wie der WILSONSchen Aufnahmen, der Beugungsexperimente von DAVISSON-GERMER, THOMSON, RUPP und KIKUCHI, des Experiments von EINSTEIN und RUPP u. a. Zum Schluß wird die relativistische Formulierung der Quantentheorie erörtert und darauf hingewiesen, daß sowohl durch die Relativitätstheorie wie auch durch die Unbestimmtheitsrelationen der Quantentheorie weitere Beschränkungen für die klassische Begriffswelt zu erwarten sind, die mit den universellen Konstanten  $e$ ,  $\mu$  und  $M$  (der Protonenmasse) im Zusammenhang stehen, die aber ihrer Natur nach noch nicht abzusehen sind. Den Rest des Buches bildet dann wie erwähnt der mathematische Apparat der Quantentheorie. Ein wertvolles Buch, dem wir weiteste Verbreitung wünschen im Interesse tieferen Verständnisses physikalischer Prinzipien!

A. Wenzel.

**Der Radioamateur.** Eine gemeinverständliche Darstellung der Grundlagen der drahtlosen Telegraphie, Telephonie und des elektrischen Fernsehens. Von P. LERTES. 4., vollkommen umgearbeitete und bedeutend erweiterte Auflage. 11. bis 13. Tausend. 285 S. und 290 Abb. Dresden und Leipzig: Theodor Steinkopff 1931. Kart. RM 10.—; geb. RM 11.50.

Die neue Auflage dieses weitverbreiteten und bekannten Buches ist gegenüber der vorhergehenden von 1924 völlig umgestaltet. Alles, was in der Zwischenzeit Neues erschienen ist, ist hier mitverarbeitet; der auf dem Empfangsgebiet fast gänzlichen Umwälzung entsprechend ist auch in diesen Teilen des Buches nicht viel Altes stehen geblieben. Ein fast neu geschriebenes Buch liegt hiermit vor, das sowohl die physikalischen Grundlagen recht gut entwickelt, als auch die Sender und Empfänger eingehend behandelt und schließlich bis zum elektrischen Fernsehen vordringt. Das Buch kommt für den Radiobastler und alle diejenigen in Frage, die sich in das Gebiet einarbeiten wollen, die tiefer eindringen wollen, als es an der Hand vieler „gemeinverständlicher“ Darstellungen möglich ist. Dabei ist dieses Buch so klar und einfach voraussetzungslos geschrieben, daß auch die interessierten Schüler ohne Anleitung durch den Lehrer sich selbständig hineinarbeiten können. Es sei daher unseren Schülerbüchereien warm empfohlen.

A. Wenzel.

**Schulversuche über elektrische Schwingungen.** Gesammelt von E. ROLLER und H. PRICKS. 128 S. mit Durchschuß für Notizen und 112 Abbildungen. Physikalische Werkstätten A.-G. Göttingen. 1931. Preis RM 4.80.

Das Buch will eine vollständige Übersicht über Versuche geben, die mit elektrischen Schwingungen anzustellen sind. Nach einer kurzen theoretischen Übersicht werden im Abschnitt 2 Resonanzerscheinungen mit Netzfrequenz behandelt, dann folgen im Abschnitt 3 Versuche mit dem Lichtbogen. In Abschnitt 4 bis 7 sind Schwingungsversuche mit Hilfe der Elektronenröhre beschrieben, wobei von langsamen Schwingungen bis zu den sehr kurzen Wellen fortgeschritten wird. Endlich folgen noch einige Versuche mit der Röhre als Gleichrichter, als Verstärker und als Telephoniesender.

Beim ersten flüchtigen Durchblättern spricht das Buch an. Schon seine Form ist ungewöhnlich und zweifellos beim Lesen ganz angenehm, denn es ist nur rechtsseitig gedruckt und läßt die linke Seite für Bemerkungen des Lesers frei. Die Zeichnungen sind kräftig und übersichtlich ausgeführt und geben zu Bemängelungen keinen Anlaß mit einer einzigen Ausnahme (Abb. 40), wo ein Wechselstrom in Form von spitzen Winkeln angegeben ist. Der Grund für diese Maßnahme ist rätselhaft, da sonst stets die Sinusform gewählt ist.

Bei genauer Durchsicht des Buches aber erlebt man mancherlei Enttäuschungen, und man ist gezwungen, das zunächst gefaßte Urteil erheblich zurückzusetzen. Daß die theoretischen Erörterungen bisweilen nicht richtig sind, ist bei einem Buche, das wesentlich eine Anleitung für Versuche sein soll, vielleicht zu verzeihen. Immerhin sollte eine so grundlegend verkehrte Angabe, daß der Effektivwert eines (sinusförmigen) Wechselstromes gleich dem Integralwert  $\int i^2 dt$  ist, bei der Korrektur ausgemerzt worden sein. Jedoch sind die Angaben für die Versuche vielfach ebenfalls nicht frei von Fehlern, die sehr störend wirken. Es seien einige Beispiele genannt. In Versuch 29 wird eine Methode zur Erzeugung mechanischer Schwingungen durch die Röhre angegeben, mit dem Zwecke, festzustellen, unter welchen Bedingungen eine Selbsterregung der Röhre bzw. der Schwingung möglich sei. Das Buch kommt zu dem folgenden merkwürdigen Ergebnis: „Bedingung für den Selbststeuerungsvorgang ist, daß sich das Gitter einer Elektronenröhre dann negativ auflädt, wenn der Anodenstrom steigt“. Alle Röhren, die dem Referenten bekannt sind, zeigen genau das entgegengesetzte Verhalten, da bei ihnen Gitterspannung und Anodenstrom stets in Phase sind. Auch der Versuch selbst, aus dem die erwähnte ungläubwürdige Folgerung gezogen wird, ist keineswegs einwandfrei. Für die Leser sei bemerkt, daß es sich hier um folgenden Aufbau handelt. Der Anodenstrom einer Röhre betreibt einen Elektromagneten; sein federnder Anker ist verbunden mit dem negativen Pol einer sog. Vorspannbatterie, den der Anker mit dem Gitter der Röhre verbindet, sobald der Magnet ihn anzieht. Der Versuch enthält nach der Zeich-

nung den wesentlichen Fehler, daß nach Lösung des Ankers das Gitter „offen“ ist. Die Verfasser lassen in diesem Falle den Anodenstrom steigen, was jedoch durchaus nicht der Fall ist, wenn die Röhre mit Zuleitungen gute Isolation zeigt. Ein anderes Beispiel. Der Versuch 37 beschäftigt sich mit dem Nachweise der zahlenmäßigen Richtigkeit der vereinfachten THOMSONSchen Formel. Mit der Röhre werden niederfrequente Schwingungen in der Weise erzeugt, daß als Induktivität eine Eisenkernspule, als Kapazität Blockkondensatoren benutzt werden. Der Frequenzbereich, in dem sich der Versuch bewegt, ist nicht angegeben. Der Nachweis der Schwingungen geschieht mit einem Kopfhörer. Die Kapazität, die anfangs die Größe  $9 \mu F$  hatte, wird zunächst auf  $6 \mu F$ , dann auf  $4 \mu F$  herabgesetzt. Die Verfasser bemerken dazu folgendes: „Die vom Telephon wiedergegebenen Töne ergeben einen Dreiklang. Demnach verhalten sich die Frequenzen wie 4 : 5 : 6“ usw. Man darf vollkommen davon überzeugt sein, daß den Verfassern dank ihrer Musikalität und ihrer experimentellen Geschicklichkeit der Nachweis ihrer Behauptungen gelungen ist. Aber ebenso sicher darf man behaupten, daß die von ihnen benutzten Röhren bzw. die sonstige Apparatur sich ihrer physikalischen Pflichten nicht bewußt gewesen sind. Denn 1. ist die THOMSONSche Formel bei niederfrequenten Schwingungen, die unter Benutzung einer Eisenkernspule hergestellt werden, ohne ihr bekanntes Korrektionsglied nicht erfüllt; 2. schwingt die Röhre selbst auch keineswegs in der Frequenz, wie die vereinfachte THOMSONSche Formel sie verlangt; 3. verändert eine Eisenkernspule bei verschiedenen Frequenzen in merkbarer Weise ihre Induktivität; 4. trägt das Telephon selbst als niederfrequenter Schwingkörper oft in erheblicher Weise zur gänzlichen Veränderung aller Schwingungsverhältnisse bei. Trotz allem mag, wie bemerkt, angenommen sein, den Verfassern wäre der Nachweis der vereinfachten THOMSONSchen Formel mit ihrer Anordnung gelungen. Daß sie jedoch auch anderen Experimentatoren mit der gleichen Versuchsanordnung gelingt, ist zu bezweifeln. Ein 3. Beispiel. In Versuch 38 soll der Nachweis erbracht werden, daß sich bei festbleibender Kapazität die Schwingungszahl der Röhre wie 1 : 2 verhält, wenn das Windungsverhältnis der Spulen 1 : 4 ist. Der Nachweis der Schwingungen erfolgt wiederum mit Kopfhörer, und die Verfasser geben als Schwingungsdifferenz die Oktave an. Sie bemerken hierzu allerdings verbessernd, daß der Versuch nicht „ganz“ das erwünschte Resultat ergebe, weil sich die Induktivität einer Spule nicht proportional mit der Windungszahl ändere. Doch lasse sich der „kleine Fehler“ durch Verschiebung der Eisenkernspule leicht kompensieren, wovon man auch wirklich überzeugt sein darf. Aber wozu dann die genaue Innehaltung der vierfachen Windungszahl und wozu überhaupt der Versuch, wenn schon die Theorie nicht in Ordnung ist? In dieser Weise lassen sich noch eine weitere große Zahl Versuche anführen, die sehr störende Unstimmigkeiten enthalten. Nur

eine Richtigstellung mag noch geschehen. In der Einleitung zu den Versuchen mit der Röhre wird bemerkt, daß sie mit Schwingungen in den Grenzen 1 bis  $10^8$  Hertz angestellt werden. Versuche mit der Frequenz 1 Hertz sind in dem Buche nicht zu finden. Ferner wird bemerkt, daß die Fähigkeit der Röhre, Schwingungen zu erzeugen, nach oben und unten „noch um etliche Zehnerpotenzen“ weiterginge; theoretisch sicherlich eine richtige Behauptung. Praktisch jedoch, und darauf kommt es doch allein an, ist man nach unten kaum weiter als zur Größenordnung 1 Hertz gekommen, nach oben etwa auf  $10^9$  Hertz, mit allerdings nur kleiner Amplitude. Die „etlichen Zehnerpotenzen“ mehr, wovon die Verfasser ziemlich leichtfertig schreiben, sind also praktisch nicht vorhanden.

Kein Lehrbuch ist frei von Fehlern; sicherlich nicht. Im vorliegenden Falle jedoch handelt es sich um ein Lehrbuch, das im Verlag einer Firma erschienen ist, die Apparate herstellt. Das Buch muß dadurch den deutlichen Unterton erhalten, daß die zu den Versuchen notwendigen Apparate bei dieser Firma selbst gekauft werden sollen. Und deswegen war es nötig, auf die mancherlei Unstimmigkeiten ausdrücklich hinzuweisen, die in dem Buche vorhanden sind. *F. Moeller.*

**Das Zodiakallicht.** Sein Wesen, seine kosmische und tellurische Stellung. Von FRIEDRICH SCHMID. (Probleme der kosmischen Physik, herausgegeben von CHR. JENSEN und ARNOLD SCHWASSMANN.) 132 S. mit einem mehrfarbigen Titelbilde, 22 Abbildungen im Text, 3 Tafeln und 3 Tabellen. Hamburg 1928, Henri Grand. Geh. RM 10.50; geb. RM 11.50.

Als Frucht jahrzehntelanger mühevoller Untersuchungen, die ein ausgedehntes Beobachtungsmaterial lieferten, legt uns der Verfasser dieses Buch vor, das das eigenartige Zodiakallicht behandelt. Nach einer historischen Einleitung wird die Sichtbarkeit des Zodiakallichtes erörtert, aus der sich ergibt, daß man es nicht nur in tropischen Breiten, wie man oft fälschlich annimmt, sondern auch in unseren Gegenden beobachten kann. Die Beobachtungsmethoden werden erläutert und dann das Wesen und die kosmische Stellung des Zodiakallichtes eingehenden Untersuchungen unterzogen. Dabei wird auch die Frage über die Dimension und die Gestalt unserer Atmosphärenhülle aufgerollt, das Zodiakallicht als atmosphärisch-optisches Phänomen behandelt. Daran schließen sich Erörterungen über die nächtliche und jährliche Eigenbewegung des Zodiakallichtes, die Lage seiner Lichtebeine, seine Beziehungen zum Nachdämmerungsschein u. a. m. Aus alledem leitet der Verfasser das Ergebnis her, „daß das Zodiakallicht mit seinen Begleiterscheinungen, dem Gegenschein und der Lichtbrücke, als ein rein geophysikalisch-optisches Phänomen als neues und wichtiges Glied der Nachtdämmerung in die meteorologische Optik aufzunehmen sei“ (aus dem Schlußwort). Jedem Naturfreund kann das Studium dieser tiefgründigen Arbeit empfohlen werden. Sie ist

allgemeinverständlich gehalten und vermag jedem Anregungen in Fülle zu bieten. *A. Wenzel.*

**Die Haloerscheinungen** von RUDOLF MEYER. (Probleme der kosmischen Physik, herausgegeben von CHR. JENSEN und ARNOLD SCHWASSMANN, Bd. XII.) 168 S. mit 2 Tafeln und 22 Figuren im Text. Hamburg 1929, Henri Grand. Brosch. RM 11.—.

„Als Haloerscheinung oder kurz als Halo bezeichnet man heute jede Lichterscheinung, die in Form besonders heller Punkte (Flecken) oder Linien (Streifen) auftritt, und durch Spiegelung, Brechung, teilweise auch durch Beugung an den atmosphärischen Eiskristallen zu erklären ist. Nur die meist farbigen „Kränze“, die ausschließlich auf Beugung beruhen und die Lichtquelle unmittelbar umgeben, werden nicht als Halos bezeichnet, selbst wenn sie durch Eiskristalle hervorgerufen werden“ (S. 3). Diese Haloerscheinungen, die von den meisten Beobachtern oft fälschlich zur Voraussage künftiger Witterungserscheinungen ausgemünzt werden, haben viele Beziehungen zu der Physik der Wolken und der Atmosphäre überhaupt sowie zu den Witterungserscheinungen und schließlich sogar zu den Vorgängen auf der Sonne. Eine Fülle von Beobachtungsmaterial über diese Erscheinungen liegt vor, allerdings ist die Literatur sehr verstreut und hat ebenso wie die neuen Ideen noch keinen Eingang in die Lehrbücher gefunden. Daher ist es sehr dankenswert, daß der Verfasser hier in der vorliegenden Monographie alles zusammengetragen hat. Nach der Beschreibung der Erscheinungen und der Zusammenstellung der Beobachtungstatsachen gibt er die allgemeinen Grundlagen einer Erklärung der Haloerscheinungen und geht im dritten Teil dann zu besonderen Erklärungen der einzelnen Erscheinungen über, wo wir vieles erörtert finden, was wir zuweilen selbst zu beobachten Gelegenheit hatten. Zum Schluß gibt der Verfasser eine Anleitung zur Ausführung von Haloerscheinungen, die jedem Naturfreund willkommen sein werden. Die Schrift, die für einen breiteren Leserkreis geschrieben ist, kann jedem Physiker zur Lektüre empfohlen werden.

*A. Wenzel.*

**Otto von Guericke.** Leben und Werk eines deutschen Ingenieurs. Von H. SCHIMANK. In den Beiträgen „zur Geschichte der Technik und Industrie“, Jahrbuch des Vereins deutscher Ingenieure, S. 13—20. Herausgegeben von CONRAD MATSCHOSS. Berlin NW 7. VDI-Verlag, G. m. b. H.

Die Arbeit bringt eine quellenmäßige Darstellung des Lebens und der Leistungen GUERICKE'S. Die Verdienste, die sich GUERICKE als Ingenieur und Ratsherr, später als Bürgermeister von Magdeburg um seine Vaterstadt erwarb, werden an Hand der Hauptquellen eingehend behandelt und gewürdigt. Um die Züge der Persönlichkeit GUERICKE'S nicht zu fälschen, weist der Verfasser in seinem Streben nach Objektivität auch auf Dokumente hin, aus denen hervorgeht, daß GUERICKE durchaus nicht immer

willig und ohne Rücksicht auf die eigenen Interessen sich den verschiedenen Sendungen im Dienste seiner Vaterstadt unterzogen hat, daß er vielmehr in sehr diplomatischer Weise bei den verschiedenen Missionen, die ihm der Rat der Stadt notgedrungen übertrug, seinen und seiner Familie Vorteil zu wahren verstand. Nichtsdestoweniger zog die Stadt Magdeburg in der schweren Zeit des dreißigjährigen Krieges und in der Nachkriegszeit aus den Fähigkeiten GUERICQUES ganz erhebliche Vorteile.

Einen breiten Raum der Arbeit nimmt dann die Behandlung der Versuche GUERICQUES über den luftleeren Raum und mit der Schwefelkugel ein, denen er ja in erster Linie seinen Ruhm bei den Zeitgenossen und den Nachlebenden verdankt. Dabei wird eingehend GUERICQUES Werk „*Ottonis de Guericke Experimenta nova*“ besprochen. Aus diesem als Ganzem, wie auch aus anderen Quellen, geht hervor, daß die Tendenz des Buches und aller Versuche auf die Erkenntnis dessen hinzielt, „was die Welt im Innersten zusammenhält“. Daß GUERICKE bei seinen Überlegungen meist noch in den Irrwegen seiner Zeit wandelt, kann ihm nicht zum Vorwurf gemacht werden. Im höchsten Grade als fortschrittlich muß aber die klare Erkenntnis gewertet werden, daß er auf dem Gebiete der Naturwissenschaften dem Versuch ausschlaggebende Bedeutung beimißt und daß er, weit über KEPLER hinausgehend, als erster dem irdischen Versuch die Entscheidung auch in astrophysikalischen Fragen zuweist. In der Frage nach der Kraft, die das Planetensystem zusammenhält, glaubt KEPLER die Lösung in einem gewissen Magnetismus, GUERICKE in elektrischen Kräften zu finden. Wenn wir auch heute keiner dieser Lösungen mehr zustimmen, so stellen sie doch Fortschritte auf dem Wege von KOPERNIKUS zu NEWTON dar.

In dem letzten Teil seiner Arbeit versucht der Verfasser die Entstehungsgeschichte und die zeitliche Entwicklung der Untersuchungen GUERICQUES aufzuhellen. Dabei ergibt sich z. B., daß die ersten Versuche über den Luftdruck wohl 10 bis 15 Jahre vor dem Reichstag von Regensburg (1654) von ihm angestellt sein dürften, daß aber der berühmte Versuch mit den Halbkugeln, entgegen der üblichen Darstellung, nicht zu denen gehörte, die auf dem Reichstage in Regensburg vorgeführt wurden. Aus den Untersuchungen des Verfassers ergibt sich auch als unbezweifelbar, daß GUERICKE durchaus selbständig die Lehre vom Luftdruck gefunden hat und erst auf dem Reichstage in Regensburg durch einen Kapuzinerpater von dem Versuche TORRICELLIS Kenntnis erhielt.

Viel weniger geklärt als der Werdegang der Versuche über den luftleeren Raum ist die Entstehungsgeschichte der elektrischen Versuche. Nur für die Gesichtspunkte, unter denen sie angestellt wurden, fehlt es nicht an ausreichenden Belegen. Er wollte an der aus irdischen Stoffen hergestellten Kugel zeigen, welche Kräfte der Erde innewohnen. Wenn die Vorstellungen, die GUERICKE hierbei entwickelt, auch recht phantastisch

sind, so darf man nicht verkennen, daß es sich dabei um eine Phase im Ringen um den Begriff der Gravitation handelt.

Der Schluß der Arbeit, deren Lektüre jeden Physiker interessieren wird, bringt eine Kritik der Quellen, die über GUERICQUES Leben und Wirken handeln.  
*Steindel.*

**Geschichte des Energieprinzips.** Von H. SCHMANK. Sonderdruck aus „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie“, Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure 1930. 20. Bd. Herausgegeben von CONRAD MATSCHOSS. Berlin NW 7. VDJ-Verlag, G. m. b. H.

Der Verfasser geht in dieser Schrift den Spuren nach, die von zunächst noch wenig geklärten Vorstellungen anfangend allmählich zur klaren Erfassung des Energieprinzips hinaufführen. Die etwa am Anfang des 13. Jahrhunderts einsetzende Suche nach der Konstruktion eines Perpetuum mobile fand erst 1775 ihre endgültige Erledigung, als die Pariser Akademie den bedeutungsvollen Entschluß faßte, die Prüfung von Entwürfen zu einem Perpetuum mobile künftig abzulehnen. Dieser Beschluß der Pariser Akademie und die allmählich eintretende Klärung der Grundbegriffe der Physik ließen die Bemühungen um das Perpetuum mobile allmählich zurücktreten. Besonders der Kraftbegriff litt bis zu seiner präzisen Fassung durch NEWTON an einer völligen Unsicherheit. Liest man als moderner Mensch z. B. eine Stelle bei LEONARDO über die Kraft, so könnte man geneigt sein, eine Vorwegnahme der Formulierung NEWTONS vor sich zu haben. Das wäre aber völlig abwegig, da bei genauerem Zusehen LEONARDOS Begriff der Kraft mehr den Sinn von „Arbeitsfähigkeit“ besitzt. Trotz NEWTON blieb der Doppelsinn von Kraft bestehen, und noch ROBERT MAYER bemüht sich bei der Aufstellung des Energieprinzips, dem Worte Kraft seinen alten volkstümlichen Sinn einer „Arbeitsfähigkeit“ wieder zurückzugeben. Das von LEIBNIZ zuerst ausgesprochene Gesetz von der Erhaltung der lebendigen Kraft ist die erste spezielle Formulierung des Energieprinzips. Doch um von dieser speziellen Form bis zur allgemeinen zu gelangen, mußte die Naturwissenschaft noch eine beträchtliche Wandlung durchmachen. Der Verfasser kennzeichnet deshalb die wichtigsten Etappen in der Entwicklung der Wärmelehre, welche die Auffassung von dem Wesen der Wärme, namentlich durch die Arbeiten der französischen Mechaniker im Anfange des 19. Jahrhunderts, dem Begriffe einer Energieform sehr nahe brachten. Für die Verallgemeinerung des Energiegedanken sind dann auch die Ideen der Naturphilosophie und die Arbeiten FARADAYS von nicht zu unterschätzender Bedeutung gewesen, insofern durch sie der Boden für die Verallgemeinerung bereitet wurde. So macht also die Arbeit des Verfassers den Versuch einer Darstellung des Entwicklungsganges, den der Gedanke der Energieerhaltung genommen hat. Sie ist zwar stark gedrängt, bietet aber doch für jeden Naturwissenschaftler eine Menge Interessantes. Für diejenigen Leser,

die sich weiter vertiefen wollen, ist der Arbeit ein Literaturverzeichnis beigelegt. *Steindel.*

**Bilder zur Geschichte der Naturwissenschaften in Hamburg.** Im Auftrage des naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg zur Feier seines neunzigjährigen Bestehens herausgegeben von Dr. HANS SCHIMANK. Hamburg 1927.

Anlässlich des neunzigjährigen Bestehens des naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg erschien im Jahre 1928 eine Festschrift von H. SCHIMANK, die in dieser Zeitschrift Jahrg. 1930 S. 43 besprochen wurde. Das vorliegende, im Jahre 1927 erschienene kleine Heft, das versehentlich erst jetzt in dieser Zeitschrift genannt wird, bietet mit kurzem begleitendem Text nur das Bildmaterial, das der größeren Festschrift zum Schmuck und zur Belegung beigegeben wurde. Die Abbildungen stellen Personen oder Örtlichkeiten dar, die in der Geschichte Hamburgs bei der Entwicklung der exakten Naturwissenschaften seit der Gründung des akademischen Gymnasiums eine Rolle gespielt haben. Wenn dieses Bildmaterial in erster Linie auch nur vom Standpunkt der Ortsgeschichte naturgemäß betrachtet werden muß, so bietet es doch auch Erscheinungen dar, deren Bedeutung weit über die Grenzen Hamburgs hinausgeht und von allgemeinem Interesse ist.

*Steindel.*

**Lehrbuch der Chemie.** Von HENNIGER-HEIDRICH-FRANCK. 19. Aufl. 2. Teil. Berlin 1930. B. G. Teubner. 331 S. mit 212 Abb. und einem Titelbild. Preis geb. Ausgabe A: RM 6,20; B: RM 5,60.

Die neue 19. Auflage des bekannten Lehrbuches von HENNIGER erscheint äußerlich unter einem neuen Namen, unterscheidet sich aber von den vorhergehenden, die eine grundlegende Umarbeitung in der 16. Auflage brachten, nicht wesentlich. Der 2. Teil wird in einer Ausgabe A und einer Ausgabe B geliefert. Die letzte enthält einen Anhang von Prof. Dr. SCHÖNDOFF, Hildesheim, über die Grundzüge der Kristallographie und ausgewählte Kapitel aus der Geologie, die in der Ausgabe A fehlen.

Das vorliegende Buch hat gegen seine Vorgänger an Umfang abgenommen, die Fülle des Stoffes ist also weiter beschränkt, dafür die Darstellung an manchen Stellen vertieft worden. Nach dem Vorwort schien eine noch weiter gehende Beschränkung des Stoffes den Verfassern nicht ratsam, dem Lehrer sollte die Möglichkeit zu individueller Gestaltung des Unterrichts erhalten bleiben. Die Darstellung ist überall knapp und klar. Der Aufbau des Lehrbuches soll methodisch sein; doch merkt man dem Buch den alten systematischen Aufbau noch an; aber die Verfasser haben es verstanden, die einzelnen Kapitel durch allgemein chemische und physikalisch-chemische Betrachtungen in einen inneren Zusammenhang zu bringen, der durch die Überschriften kenntlich gemacht wird und dem Schüler die Erkenntnis großer Linien und die Wiederholung erleichtert.

Zu den Nachbarwissenschaften, besonders zur

Biologie und Geologie, sind zahlreiche Beziehungen geknüpft, und die technologische Seite der Chemie ist zwar kurz, wie es dem Rahmen des Buches entspricht, aber ausgezeichnet bearbeitet. Sehr gutes Bildmaterial, die neuesten statistischen Angaben und graphische Darstellungen geben ein Bild von der Bedeutung dieses Zweiges unserer Wissenschaft für die Volkswirtschaft und die Kultur. Wertvoll erscheint auch die Aufnahme von Literaturstellen in solchen Fällen, wo eine Vertiefung des Dargestellten geboten oder wünschenswert erscheint, aber über den Rahmen des Klassenunterrichts hinausgeht und in Arbeitsgemeinschaften behandelt werden kann. Das geschichtlich Notwendige ist zum größten Teil in den Stoff hineingearbeitet, die wichtigsten Förderer der Chemie sind im Bild wiedergegeben. Die kurze geschichtliche Zusammenfassung am Ende des Buches scheint auch nur ein Überbleibsel früherer Auflagen zu sein, das verschwinden und an geeigneten Stellen in der Darstellung Aufnahme finden könnte. Der Aufbau des Unterrichts geht im Sinne des Arbeitsunterrichts soweit wie möglich von Versuchen aus, die sehr klar, aber auch sehr kurz besonders in Hinsicht auf die Versuchsanordnung beschrieben werden, so daß der Gebrauch einer größeren Technik der Experimentalchemie neben dem Lehrbuch erforderlich ist. Die Versuche werden durch besonderen Druck im Text hervorgehoben, wodurch die Übersicht erleichtert wird. Zwischen Lehrer- und Schülerversuchen wird indessen nicht unterschieden. Das erscheint für manche Fälle bedenklich. Der Aufbau des Buches soll nach dem Wunsche der Verfasser den Schüler zu eigener Arbeit erziehen; wenn dann, um nur ein Beispiel anzugeben, der Versuch, Phosphor in Schwefelkohlenstoff zu lösen und die Lösung auf Filtrierpapier zu gießen, um die Selbstentzündlichkeit des Phosphors an der Luft bei feiner Verteilung zu zeigen, ohne Vorsichtsmaßnahmen beschrieben wird, so ist das nicht ungefährlich.

Zur Bezeichnung der Verbindungen werden die Vorschläge der Nomenklaturkommission der Deutschen Chemischen Gesellschaft angewandt.

Der organische Teil fällt gegenüber anderen Lehrbüchern besonders durch seine starke Beschränkung des Stoffes auf. Nur das wirklich Grundlegende wird in der üblichen Reihenfolge behandelt. Die Beziehungen zur Biologie sind eng geknüpft.

Das Lehrbuch der Chemie von HENNIGER-HEIDRICH-FRANCK erfüllt alle Anforderungen, die man billigerweise an ein Lehrbuch für die Oberstufe der Realanstalten stellen kann. Die schnelle Folge der Auflagen spricht für die Beliebtheit des Buches und die Neubearbeitung dafür, daß die Verfasser bestrebt sind, es stets neuzeitlich zu erhalten.

*Isberg.*

**Einführung in die organische Chemie.** Von Dr. H. LOEWEN, Berlin. 11. Band der Sammlung Verständliche Wissenschaft. 8<sup>o</sup>. VII, 216 Seiten. 25 Abbildungen. Berlin 1930, Julius Springer. Geb. RM 4.80 abzgl. 10% Notnachlaß.

Eine Einführung in die organische Chemie für den gebildeten Laien setzt die Kenntnis gewisser chemischen Grundbegriffe und -gesetze voraus, die nur an einfachen chemischen Erscheinungen und Vorgängen aus der anorganischen Chemie klar gemacht werden können. So geht der Verfasser denn auch von der Luft und vom Wasser aus, um die Grundgesetze und -begriffe zu erklären, zeigt, was Basen, Säuren, Salze sind und kommt über Stickstoff, Ammoniak und Kohlenstoff zu den Kohlenwasserstoffen. Die übrigen organischen Stoffe werden unter den Überschriften sauerstoffhaltige, stickstoffhaltige und aromatische Verbindungen beschrieben. Das Werkchen stellt die Stoffe und Umsetzungen in den Vordergrund, die mit den Lebensvorgängen zusammenhängen, es ist eine Biochemie, in der die für den menschlichen Stoffwechsel in Frage kommenden Elemente und Verbindungen die Hauptrolle spielen. Wenn man die Schwierigkeiten bedenkt, die darin bestehen, Laien ohne Experimente in die Chemie einzuführen, so wird man beim Lesen dieses Werkchens anerkennen müssen, daß der Verfasser sich dieser Aufgabe mit großem Geschick unterzogen hat. Er geht dabei recht weit in seinen Anforderungen an das Anschauungs- und Denkvermögen des Lesers, so, wenn er beispielsweise die Stereoisomerie der Weinsäuren oder die Synthese des Nikotins entwickelt. Doch bleibt er dabei stets anschaulich und legt Wert auf die Erfassung der Zusammenhänge.

*Dm.*

**Quantitative Analyse.** Von Dr. ERNST OBER. 2. Teil: Gewichtsanalyse. 4. neu bearbeitete Auflage. Breitensteins Repetitorium Nr. 37b. 85 S. mit 9 Abbild. Leipzig 1930. J. A. Barth. Preis geh. RM. 3.—, geb. RM. 3,80.

Das vorliegende Büchlein ist ein Repetitorium, daher stellt es gewissermaßen einen kurzen Auszug aus den größeren Werken über quantitative Analyse dar. Die Maßanalyse, Elektrolyse und Gasanalyse sind nicht berücksichtigt, sie werden in besonderen Heften behandelt.

Im einleitenden Teil bringt der Verfasser zunächst einiges aus der Stöchiometrie, dann über Fällungen, dann über die notwendigen Geräte und ihre Behandlung. Darauf wird das Filtrieren, Auswaschen, Trocknen, Wägen und Berechnen der Analyse besprochen. Im Hauptteil werden zunächst einfache Analysen und darauf Trennungen beschrieben, und zwar so, daß immer eine Methode, die der Verfasser für die zuverlässigste hält, eingehend dargestellt wird, während andere Wege nur angedeutet werden. Den Schluß des Büchleins bilden indirekte und Gesteinsanalysen.

Das Büchlein ist ganz geschickt aufgemacht, der Verfasser hat verstanden, auf kleinem Raum das Wesentliche der quantitativen Analyse in brauchbarer Form zu bringen.

*Isberg.*

**Proteus.** Bd. 1. Verhandlungsberichte der Rheinischen Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaft, Medizin und Technik, mit Festgabe für WILHELM HABERLING zum 60. Geburtstag,

bearbeitet und herausgegeben von PAUL DIERGART. 281 S. Bonn 1931.

„Man kann die auf wissenschaftlichem Gebiete Arbeitenden in zwei Kategorien einreihen, in die der Entdecker und in die der Ordner; die einen schaffen neue Ideen, die anderen wirken als Organisatoren.“ Diese Worte aus einem Vortragsbericht in dem neuen „Proteus“ (S. 213) bezeugen die Notwendigkeit eines ordnenden Zusammenfassens aller brauchbaren Gedanken, damit die Wissenschaft nicht in ein unüberschaubares Gewirr von Einzelheiten zerflattert. Als Organisator wertvollster Art erweist sich der Herausgeber dieses Buches, der über die erfolgreiche Vereinstätigkeit einer wissenschaftlichen Gesellschaft berichtet und einem der Hauptmitarbeiter, dem hochverdienten Geschichtsschreiber der Medizin W. HABERLING — in dem Zeitraum von 1924 bis 1930 hielt er allein der Gesellschaft 29 Vorträge! — ein Denkmal setzt, dauernder als Erz. Außer dem Festgruß für den Gefeierten sind als Festgabe wertvolle Aufsätze geboten: A. DYROFF, Über die Abhängigkeit medizinischer Richtungen von der Philosophie, gezeigt an GALEN; ALDO MIELI, La storia della Scienza come disciplina scientifica; JAN GERARD DE LINT, Der Papyrus EDWIN SMITH, ein Beitrag zur ägyptischen Medizin im dritten vorchristlichen Jahrtausend; K. SUDHOFF, Ein bisher unbeachteter ärztlicher Fund aus Römerzeit im deutschen Rheinland; ED. O. VON LIPPMANN, Ein neues arabisches Manuskript über Alchemie aus der Zeit um 1000; K. SCHMIZ, Medizinstudium an der kurkölnischen Universität in Bonn (1777 bis 1797); G. STICKER, Eine Deutsche Akademie der Chirurgie im Jahre 1805. — Den Hauptteil des Buches bilden die Auszüge aus den Vorträgen der Rheinischen Gesellschaft. Mit außerordentlichem Geschick hat DIERGART sie größtenteils selbst in solcher Form geschrieben, daß der Leser die wesentlichen Gedanken deutlich erkennt. In dem Bericht „Über geschichtliche Experimentalvorträge im naturwissenschaftlichen Unterricht der Hochschulen“ (Vortrag von P. DIERGART, mit Versuchen) ist bemerkenswert, daß DIERGART vorschlägt, „alte Apparate nachzuahmen und die Versuche unter solchen Bedingungen zu gestalten, daß Entdeckungen und Erfindungen gewissermaßen vor den Augen der Hörer nochmals gemacht werden“, ferner, was sehr wichtig ist, daß „der Hörer zur kritischen Betrachtung von Geschichtsdarstellungen zu erziehen ist“, denn es ist manchmal für den Kundigen haarsträubend, was als Geschichte der Naturwissenschaft in den Büchern geboten wird. Vorträge der geforderten Art sind am Anfang und Ende der Studienzeit unzumutbar, zuerst fehlt die notwendige Fachkenntnis, zuletzt fehlt die Zeit; vorgeschlagen wird das dritte Studienjahr.

Diesem Proteus ist zu wünschen, daß er oft in neuer Gestalt zurückkehrt und nicht etwa wie sein Vorgänger vor hundert Jahren — K. W. G. KASTNERs Zeitschrift für Geschichte der gesamten Naturlehre (Erlangen 1828) — nur einmal erscheint.

*R. Winderlich, Oldenburg i. O.*

## Vereine und Versammlungen.

### Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts.

(Ortsgruppe des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.)

Bericht über das Jahr 1931.

Den Vorstand bildeten die Herren GIRKE, SPILLNER, KLAMROTT, HAASE.

#### Sitzungen:

13. Januar. Herr HILS: Das Laufbild im physikalischen Unterricht.

12. Februar. Herr REICHENBACH: Die Gesetzmäßigkeit der Natur.

19. März. Vorführung von Filmen im Hause der Technik: Aus den Forschungsstätten der AEG-Transformatorfabrik. Der Bau der Zugspitzbahn.

28. April. Herr HENCKEL: Bericht über die Hauptversammlung des deutschen Fördervereins in Dortmund (7. bis 11. April 1931). Herr WISOTZKY: Elektro-akustische Versuche 1. mit der alten BRAUNschen Röhre als Ersatz für den Glühkathoden-Oszillographen; 2. mit der Lichtsirene.

13. Mai. (Gemeinsam mit dem Verein zur Förderung des chemischen und biologischen Unterrichts). Herr ETEL: Neuere physikalisch-chemische Probleme der Silikatforschung.

16. Juni. (Gemeinsam mit der Ortsgruppe Potsdam-Nowawes). Herr HAUSCHULZ: 1. Bestimmung der Geschwindigkeit eines fliegenden Geschosses; 2. messende Versuche aus dem Gebiet der elektrischen Schwingungen.

25. August. (Gemeinsam mit dem Verein zur Förderung des mathematischen Unterrichts). Herr LAMLA: Die mathematisch-physikalische Fachgruppe und die Konzentration der Fächer.

15. September. Herr HENCKEL: Versuche mit Schallwellen. Schallempfindliche Flammen. Telefon und Mikrofon mit Kristalldetektor. Reflexion, Brechung und Beugung kurzer Schallwellen.

29. September. Gedenkfeier für das Vereins-Ehrenmitglied FRIEDRICH C. G. MÜLLER. Die Gedächtnisrede hielt Herr WENZEL.

27. Oktober. Herr BERGMANN (Breslau): Versuche mit hochfrequenten elektrischen Schwingungen und kurzen elektrischen Wellen.

10. November. Herr VOLKMANN: Die neuen Physikräume der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht (mit Demonstrationen).

8. Dezember. Herr SCHLEGEL: Der Werkunterricht im Rahmen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Arbeitsunterrichts auf der Oberstufe der höheren Schule. (In Verbindung mit einer Ausstellung von Schülerarbeiten.)

30. Dezember. Sondervorführung von Tonfilmen der Kulturabteilung der Ufa. Den einleitenden Vortrag hielt Herr ULRICH K. T. SCHULZ.

Die Sitzungen am 12. Februar und 30. Dezember waren gemeinsame Veranstaltungen der drei Berliner Ortsgruppen des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. *R. Girke.*

## Korrespondenz.

Paul Rischbieth †. Am 17. Dezember 1931 ist unser langjähriger Mitarbeiter Prof. Dr. PAUL RISCHBIETH in Hamburg plötzlich verstorben. Eine besondere Würdigung der Lebensarbeit dieses hervorragenden Experimentators und ausgezeichneten Schulmannes wird in der vorliegenden Zeitschrift noch erscheinen.

Richard Heyne 80 Jahre alt. Am 7. Januar 1932 konnte R. HEYNE auf 8 Jahrzehnte seines reicherfüllten Lebens zurückblicken. Die POSKEsche Zeitschrift, für die HEYNE als Mitbegründer und Vorsitzender des Berliner Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts seit ihrer Entstehung lebhaft eingetreten ist, beglückwünscht den treuen Helfer zu seinem Jubelgeburtstage aufs herzlichste. Mag es ihm vergönnt sein, noch lange rüstig und fröhlich in unserer Mitte zu weilen.

Am 15. Januar 1932 starb Georg Kerschensteiner in München im 78. Lebensjahre. Seine Bedeutung für die deutsche Erziehungswissenschaft steht fest, und im Rahmen allgemeiner Bestrebungen hat er sich auch um die Unterrichtsfächer verdient gemacht, mit denen die vorliegende Zeitschrift sich befaßt.

Die Lederpappenfabrik Pischwitz, Post Limmritz in Sachsen teilt mit, daß sie infolge häufiger

Bestellungen die Volkmann-Kästen (vgl. diese Zeitschrift 20, 108; 1907) zu einem um 40% ermäßigten Preise abgeben kann, da die Kästen jetzt auch mit verbesserten Einrichtungen hergestellt werden.

Kolloid-Kurs des Instituts für Kolloidforschung zu Frankfurt a. M. vom 31. März bis 2. April 1932.

Es werden folgende Vorträge gehalten: Prof. Dr. BECHHOLD: Was sind Kolloide? — Anwendung von Kolloiden in der Therapie. — Prof. Dr. HOCK: Eigenschaften der Kolloide. — Dr. E. HEYMANN: Eigenschaften von Grenzflächen. — Elektrochemie der Kolloide. — Prof. Dr. HAUSER: Optik der Kolloide. — Prof. Dr. E. HAUSER: Gummi und Kautschuk. — Dr. BRILL: Erforschung der Kolloide mit unsichtbaren Strahlen. — Prof. Dr. K. MEYER und Dr. H. HOPFF: Die Natur der Faserstoffe. — Dr. A. SCHAEFFER: Farbstoffe und Färberei. — Prof. Dr. BERL: Adsorption und Flotation. — Prof. Dr. STIASNY und Dr. KÜNTZEL: Haut und Leder. — Dr. E. BERLINER: Getreide, Mehl, Teig, Brot. — Dr. H. KARPLUS: Öle, Fette und Schmiermittel.

Anmeldungen und Anfragen sind zu richten an das Institut für Kolloidforschung in Frankfurt a. M. (Städtisches Krankenhaus).

## Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1932.

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

0h W.Z.	Sonne ☉				Merkur ♀		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl. <sup>1</sup>	Sternzeit <sup>2</sup>	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1932	h m	o	m s	h m s	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o	h m	o
April 30	2 28	+14,6	- 2 47	14 30 53	1 0	+ 3,8	5 36	+27,1	1 17	+ 7,3	9 4	+17,7	20 28	-19,4
Mai 5	2 47	16,1	3 21	14 50 36	1 12	4,5	5 55	27,2	1 31	8,8	9 6	17,6	20 28	19,4
„ 10	3 7	17,5	3 41	15 10 19	1 30	6,0	6 13	27,2	1 46	10,2	9 7	17,5	20 29	19,3
„ 15	3 26	18,8	3 47	15 30 2	1 51	8,1	6 29	27,0	2 0	11,6	9 9	17,4	20 29	19,4
„ 20	3 46	19,9	3 39	15 49 44	2 17	10,8	6 43	26,6	2 14	12,9	9 11	17,2	20 29	19,4
„ 25	4 6	+20,9	- 3 18	16 9 27	2 47	+13,7	6 54	+26,1	2 29	+14,1	9 14	+17,0	20 28	-19,4
„ 30	4 26	21,7	2 44	16 29 10	3 21	16,9	7 2	25,4	2 43	15,3	9 16	16,8	20 28	19,4
Juni 4	4 47	22,4	1 59	16 48 53	4 1	19,9	7 7	24,7	2 57	16,4	9 19	16,6	20 27	19,5
„ 9	5 8	22,9	1 4	17 8 36	4 45	22,5	7 8	23,9	3 12	17,5	9 22	16,3	20 27	19,5
„ 14	5 28	23,2	- 0 4	17 28 18	5 32	24,3	7 4	23,0	3 27	18,5	9 25	16,1	20 26	19,6
„ 19	5 49	+23,4	+ 1 0	17 48 1	6 20	+25,0	6 56	+22,1	3 41	+19,4	9 29	+15,8	20 25	-19,6
„ 24	6 10	23,4	2 4	18 7 44	7 5	24,5	6 44	21,2	3 56	20,2	9 32	15,6	20 24	19,7
„ 29	6 31	23,3	3 7	18 27 27	7 46	23,1	6 31	20,2	4 11	21,0	9 36	15,3	20 23	19,8
Juli 4	6 51	+22,9	+ 4 6	18 47 10	8 22	+21,1	6 18	+19,3	4 26	+21,6	9 39	+15,0	20 21	-19,9

<sup>1</sup> Zeitgleichung = mittlere Zeit - wahre Zeit.

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

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

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1932	h m	h m	h m	h m	1932	h m	h m	h m	h m	1932	h m	h m	h m	h m
April 30	4 31	19 24	3 4	13 45	Mai 25	3 51	20 3	0 41	8 54	Juni 19	3 36	20 26	22 10	3 40
Mai 5	4 22	19 33	3 49	19 47	„ 30	3 45	20 10	1 38	15 8	„ 24	3 37	20 27	23 37	10 30
„ 10	4 13	19 41	6 36	0 14	Juni 4	3 41	20 16	2 57	21 13	„ 29	3 40	20 27	0 16	16 35
„ 15	4 4	19 49	13 25	2 7	„ 9	3 38	20 20	8 22	—	Juli 4	3 43	20 25	3 27	21 27
„ 20	3 57	19 56	21 14	3 22	„ 14	3 36	20 24	15 30	0 47					

Mondphasen 1932 M.E.Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		5. Mai	19h 11,5m	13. Mai	15h 2,2m	20. Mai	6h 8,6m	27. Mai
	4. Juni	10 16,0	11. Juni	22 39,5	18. Juni	13 38,1	25. Juni	21 35,9

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

Trabant I		Trabant II		Trabant III		Trabant IV	
h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m	h m
6. Mai 22 20,1 A	29. Mai 22 35,0 A	14. Mai 22 59,5 A					
14. „ 0 15,5 A	21. Juni 22 49,4 A	15. Juni 22 35,7 A					

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

	Merkur ♀		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
1932			h	h	h	h	h	h	h	h
April 30	—	—	D <sub>a</sub> 19,9	U 24,0	—	—	D <sub>a</sub> 20,6	U 2,2	A 1,7	D <sub>m</sub> 3,1
Mai 10	—	—	D <sub>a</sub> 20,2	U 23,9	—	—	D <sub>a</sub> 21,0	U 1,6	A 1,1	D <sub>m</sub> 2,7
„ 20	—	—	D <sub>a</sub> 20,5	U 23,7	—	—	D <sub>a</sub> 21,3	U 1,0	A 0,4	D <sub>m</sub> 2,3
„ 30	—	—	D <sub>a</sub> 20,8	U 23,1	—	—	D <sub>a</sub> 21,7	U 0,4	A 23,7	D <sub>m</sub> 2,0
Juni 9	—	—	D <sub>a</sub> 21,0	U 22,3	—	—	D <sub>a</sub> 21,9	U 23,7	A 23,1	D <sub>m</sub> 1,8
„ 19	—	—	D <sub>a</sub> 21,1	U 21,3	—	—	D <sub>a</sub> 22,1	U 23,2	A 22,4	D <sub>m</sub> 1,7
„ 29	—	—	—	—	A 1,7	D <sub>m</sub> 1,8	D <sub>a</sub> 22,1	U 22,5	D <sub>a</sub> 22,3	D <sub>m</sub> 1,8
Juli 9	—	—	—	—	A 1,4	D <sub>m</sub> 2,0	—	—	D <sub>a</sub> 22,1	D <sub>m</sub> 2,0

A = Aufgang; U = Untergang; D<sub>a</sub> und D<sub>m</sub> = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

21. Juni 16h 23m M.E.Z. **Sommersanfang.**

*Kohl.*

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

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.