

Einfache Schülerübungen aus der Wärmelehre.

Von Dr. Wilhelm Bahrdt in Berlin-Lichterfelde.

Um mit geringen Mitteln einige Abwechslung in den Betrieb des physikalischen Arbeitsunterrichts zu bringen, benutze ich gern solche Apparaturen, die zum Teil aus Wirtschaftsartikeln zusammengesetzt sind; diese sind als Massenfabrikate billig und gut in den einschlägigen Geschäften zu kaufen. In einem früheren Aufsatz dieser Zeitschrift (43. Jahrg., 1930, S. 247) wies ich beispielsweise auf die Verwendbarkeit von Thermosflaschen als Kalorimeter hin. Im folgenden werden einige Beispiele für den Gebrauch von Tauchsiedern bei Schülerübungen in gleicher Front angegeben. Ich war erstaunt, welches exakte Hilfsmittel für den physikalischen Unterricht uns die Technik im Tauchsieder geschenkt hat.

Bei den Übungen werden folgende Gerätschaften¹ gebraucht:

1. Tauchsieder (6,50 RM). Sie kommen in verschiedenen Formen in den Handel; für unsere Zwecke aber sind nur Ringsieder brauchbar, die einen langen dünnen Hals für die Einleitungsdrähte haben und bei denen die Widerstandsspulen in einem metallischen Hohlring eingeschlossen sind. Die Netzspannung und die Wattzahl (z. B. 220 Volt und 300 Watt) sind deutlich sichtbar eingraviert. Sie werden mit dem am Ende der Zuleitungsschnur befindlichen Stecker in die Dosen der Lichtleitung gesteckt. Für genaue Zeitmessungen ist das Vorhandensein eines Ein- und Ausschalters neben der Steckdose wünschenswert. Strom darf nur dann durch den Tauchsieder fließen, wenn er in Wasser eingetaucht ist.

2. Halbliterthermosflaschen (4,80 RM) mit 6 bis 7 cm breiter Ausgußöffnung und 15 cm lichter Gefäßtiefe.

3. Kupfer- und Aluminiummassivzylinder (je 7 RM) von 5 cm Durchmesser und 4 cm bzw. 7,5 cm Höhe. Ihre Masse beträgt etwa 500 g. Sie enthalten eine axiale Bohrung zur Aufnahme eines Thermometers und werden an dünnen Drähten gleichen Materials, die an seitlichen Bohrungen befestigt sind, aufgehängt. Diese Zylinder finden außer bei den im folgenden angegebenen Übungen noch Verwendung zur Bestimmung spezifischer Wärmen fester und flüssiger Körper nach dem Mischungsverfahren ohne Benutzung eines Vorwärmgefäßes und zur experimentellen Nachprüfung des NEWTONSchen Strahlungsgesetzes (vgl. meinen Aufsatz im 43. Jahrgang, 1930, dieser Zeitschrift, S. 249).

4. Thermometer bis 100⁰ Teilung in $\frac{1}{10}^0$ geteilt (10,80 RM) oder in $\frac{1}{1}^0$ geteilt (2,20 RM).

5. Ableselupe.

6. Waage (62,50 RM) mit Gewichtsatz (15,30 RM).

7. Metronom oder Stoppuhr oder Taschenuhr.

1. Übung: Welche Wärmemenge entwickelt ein Tauchsieder in einer Sekunde, und wie groß ist das Wärmeäquivalent von einem Watt?

Ein Versuch ergab folgende Werte: Masse der leeren Thermosflasche 312 g, der mit Wasser gefüllten 767 g. Der Wasserwert der Innenwandung der Thermos-

¹ Die Firma Modellbau Friedrich Tilger, Berlin-Wilmersdorf, Detmolder Straße 2, liefert sie zu den in Klammern angegebenen Preisen.

flasche war durch einen früheren Versuch durch Mischung von kaltem und warmem Wasser ein für allemal gleich 20 g gefunden worden (vgl. den oben angeführten Aufsatz). Den Gesamtwasserwert findet man hiernach gleich 475 g. Der Tauchsieder erwärmte nun die Wassermenge in 120 Sekunden von $14,13^{\circ}$ auf $32,08^{\circ}$. Hieraus findet man die sekundliche Leistung des 300-Watt-Tauchsieders gleich 71 Kalorien und das Wärmeäquivalent von einem Watt gleich 0,237 Kalorien.

Dieser Versuch wurde am Tage angestellt; wiederholte man ihn abends, d. h. zu einer Zeit, wenn die Stromentnahme aus dem Lichtnetz groß war, so erhielt man Werte von 0,21 bis 0,22 Kalorien. Diese durch zahlreiche Versuche bestätigte Tatsache ist ein exakter Beweis dafür, daß die Klemmenspannung einer arbeitenden Stromquelle kleiner als die einer offenen ist, ob nun die Stromquelle ein galvanisches Element oder das Lichtstromnetz einer Großstadt ist. Wegen der außerordentlich geringen Fehlerquellen obiger Versuchsanordnung kann man sie geradezu als idealen Spannungsmesser ansehen.

2. Übung: Messung der Verdampfungswärme von Wasser. Durch einen Vorversuch bestimmt man, wie in Übung 1, die vom Tauchsieder in einer Sekunde gelieferte Wärmemenge; ein Versuch ergab 73,6 Kalorien. Dann füllt man, da das Wasser in stürmisches Sieden gerät, die Thermosflasche nur bis etwa zwei Drittel mit kaltem Wasser an; dadurch vermeidet man ein Überkochen oder Verspritzen. Wie bei 1 bestimmt man den Gesamtwasserwert (417 g) und die Anfangstemperatur ($16,40^{\circ}$). Dann läßt man längere Zeit (18×60 Sekunden) den Strom durch den Tauchsieder gehen; das Wasser wird bis 100° erhitzt und verkocht teilweise. Die Menge des verkochten Wassers wird als Gewichtsverlust der Thermosflasche (81,2 g) mit der Waage gefunden.

Bezeichnet man die Verdampfungswärme des Wassers mit x , so besteht die Gleichung

$$417 (100^{\circ} - 16,40^{\circ}) + 81,2 \cdot x = 18 \cdot 60 \cdot 73,6.$$

Hieraus ergibt sich $x = 549$ Kalorien.

3. Übung: Messung der spezifischen Wärme von 96-prozentigem Alkohol.

Der Vorversuch ist der gleiche wie bei Übung 2. Bei dem folgenden Beispiel ist die sekundliche Tauchsiederwärme wieder gleich 73,6 Kalorien angenommen worden, da die Messung in unmittelbarem Anschluß an das Beispiel der Übung 2 angestellt wurde.

Man findet aus der Masse der leeren Thermosflasche (320 g) und der mit Alkohol gefüllten (644,6 g) die Menge des Alkohols (324,6 g). Läßt man nun eine gemessene Zeit lang (70,2 Sekunden) den Strom durch den Tauchsieder gehen, so erwärmt sich der Alkohol (von $15,60^{\circ}$ bis auf $38,60^{\circ}$). Der Wasserwert der Thermosflasche wird wieder gleich 20 g gesetzt. Ist x die spezifische Wärme des Alkohols, so besteht die Gleichung

$$(324,6 \cdot x + 20) \cdot (38,60 - 15,60) = 70,2 \cdot 73,6.$$

Hieraus folgt $x = 0,63$ Kalorien.

Der Wert für absoluten Alkohol ist in der Tabelle nach KOHLRAUSCH zu 0,58 angegeben; legt man diesen Wert zugrunde und interpoliert, so findet man die spezifische Wärme für 96-prozentigen Alkohol gleich 0,60 Kalorien.

4. Übung: Messung der Verdampfungswärme von 96-prozentigem Alkohol.

Ein Versuch ergab die sekundliche Leistung des Tauchsieders zu 72,1 Kalorien.

Der Strom wurde nun während einer gemessenen Zeit (473 Sekunden) durch den Tauchsieder geschickt; die abgegebene Stromwärme $473 \cdot 72,1$ Kalorien wurde benutzt, um 324 g Alkohol von der spezifischen Wärme 0,63, welcher Wert aus Übung 3 entnommen wurde, und die Innenwandung des Thermosgefäßes (Wasserwert 20) von der Anfangstemperatur $15,58^{\circ}$ auf die Siedetemperatur $78,40^{\circ}$ zu erwärmen und 75,8 g Alkohol zu verdampfen. Die Verdampfungswärme x berechnet man nunmehr aus der Gleichung

$$(324 \cdot 0,63 + 20) \cdot (78,40 - 15,58) + 75,8 \cdot x = 473 \cdot 72,1.$$

Es folgt hieraus $x = 263$ Kalorien.

Im KOHLRAUSCH ist die Verdampfungswärme des absoluten Alkohols gleich 202 Kalorien angegeben. Durch Interpolation findet man hieraus die Verdampfungswärme von 96% igem Alkohol gleich $\frac{537 \cdot 4 + 202 \cdot 96}{100} = 215$ Kalorien.

5. Übung: Messung der spezifischen Wärme von Aluminium oder Kupfer.

Bei der ersten Einführung des Begriffs der spezifischen Wärme pflegt man die Zeiten zu vergleichen, die erforderlich sind, um mit einem und demselben Bunsenbrenner gleiche Mengen Wasser und Metall um die gleiche Anzahl Grade zu erwärmen. Dieses Prinzip liegt auch der folgenden Methode zugrunde. Der Brenner wird durch den Tauchsieder ersetzt. Nachdem man die Massen der leeren und der mit Wasser gefüllten Thermosflasche (318,5 g und 764 g) bestimmt hat, läßt man den Strom eine gemessene Zeit (60 Sekunden) lang durch den Tauchsieder fließen. Aus der Temperaturerhöhung (16,80° bis 26,11°) und dem Gesamtwasserwert der Flasche (445,5 + 20) berechnet man die zugeführte Wärmemenge (465,5 · 9,31 Kalorien).

Bei dem zweiten Versuch legt man in die Flasche zu unterst den Tauchsieder, darüber den Metallzylinder (Aluminiumblock von der Masse 414 g) und füllt dann Wasser (326,5 g) so weit nach, bis der Zylinder vollständig eintaucht. Jetzt schickt man während der gleichen Zeit wie oben (60 Sekunden) Strom hindurch und mißt die Temperaturerhöhung (17,20° bis 27,20°).

Die gesuchte spezifische Wärme x des Metalls findet man dann aus der Gleichung

$$465,5 \cdot 9,31 = (326,5 + 20 + 414x) \cdot (27,20 - 17,20).$$

Es ergibt sich $x = 0,209$.

Da die spezifische Wärme der Metalle klein gegen die von Wasser ist, so kann diese Methode nur dann einigermaßen gute Werte geben, wenn die benutzte Metallmasse groß gewählt wird. Im obigen Beispiel verhält sich der Metallwasserwert zu dem der Wassermasse etwa wie 1:4.

6. Übung (ohne Tauchsieder): Bestimmung der spezifischen Wärme von Flüssigkeiten mit einem Erwärmungskörper.

Die Methode ist eine Abwandlung des Verfahrens von ANDREWS, nach welchem eine mit einigen hundert Gramm Quecksilber gefüllte Glaskugel mit Steigrohr die gleiche Wärmemenge einmal an die zu untersuchende Flüssigkeit, das andere Mal an Wasser abgibt. Für Schülerübungen ist dieser Erhitzungskörper wegen seiner Zerbrechlichkeit und des hohen Quecksilberpreises wenig brauchbar.

Der Metallzylinder mit eingestecktem Thermometer wird über ein Stativ gehängt und direkt über der Bunsenflamme erwärmt. Um eine metallische, wärmeleitende Verbindung zwischen Thermometer und Körper herzustellen, ist in die Bohrung eine geringe Menge WOODSches Metall gelegt worden. Die Erwärmung über dem Brenner erfolgt bis zu einer Temperatur, die höher als der Schmelzpunkt des Woodschen Metalls, aber möglichst unterhalb des Siedepunkts der zu untersuchenden Flüssigkeit liegt; hierdurch wird ein Wärmeverlust durch Dampfbildung vermieden. Diese Temperatur T_1 des Erhitzungskörpers wird in dem Augenblick abgelesen, in dem er in die Flüssigkeit eingetaucht wird. Masse M_1 und Anfangstemperatur t_1 der zu untersuchenden Flüssigkeit sind vorher gemessen worden. Die Mischungstemperatur sei τ_1 .

Die gleiche Messung wird nun mit Wasser ausgeführt, wobei man die Größen M_2 , T_2 , t_2 und τ_2 erhält.

Führt man noch zur Berechnung die Größen m für den Wasserwert des Erhitzungskörpers und w für den Wasserwert der Thermosflasche ein, dann gelten die beiden Gleichungen, in denen x die gesuchte spezifische Wärme bedeutet:

$$m(T_1 - \tau_1) = (M_1 x + w)(\tau_1 - t_1)$$

$$m(T_2 - \tau_2) = (M_2 + w)(\tau_2 - t_2).$$

Hieraus findet man
$$\frac{M_1 x + w}{M_2 + w} = \frac{(T_1 - \tau_1) \cdot (\tau_2 - t_2)}{(T_2 - \tau_2) \cdot (\tau_1 - t_1)}$$

In dieser Formel kommt der Wasserwert des Erhitzungskörpers nicht mehr vor. Der Wasserwert w ist eine Konstante des Thermosgefäßes, die ein für allemal durch Mischung von kaltem und warmem Wasser gefunden wird.

Für wässrige Lösungen nimmt die Endformel, aus der x zu berechnen ist, eine besonders einfache Gestalt an; für diese ist der Wert für x nur wenig geringer als 1. Wählt man noch $M_1 = M_2 (= M)$ und $T_1 = T_2 (= T)$, setzt $w = \varrho M$, wo ϱ ein sehr kleiner Bruch (etwa 0,02) ist, und bezeichnet die rechte Seite obiger Gleichung mit c , so nimmt diese die Gestalt an

$$\frac{Mx + \varrho M}{M + \varrho M} = c \quad \text{oder} \quad \frac{x + \varrho}{1 + \varrho} = c.$$

Hieraus folgt

$$x = c - \varrho(1 - c).$$

Man sieht nun leicht, daß die beiden Faktoren ϱ und $1 - c$ sehr kleine Brüche sind (etwa 0,02 und 0,05). Für Flüssigkeiten, deren spezifische Wärme nahe bei 1 liegt, gilt also die Gleichung

$$x = \frac{(T - \tau_1)(\tau_2 - t_2)}{(T - \tau_2)(\tau_1 - t_1)}$$

Diese Formel ist dadurch bemerkenswert, daß zur Bestimmung der spezifischen Wärme nur Temperaturen, aber weder Massen noch Wasserwerte, zu bestimmen sind.

Anwendungsbeispiele für den Schulunterricht in der Mechanik aus Sport und Spiel.

Von O. Holm in Hamburg.

Beim Tennisspielen besteht bekanntlich ein großer Teil der Technik bzw. der Kunst darin, daß der Spieler es versteht, durch ein geeignetes „Effet“ den Ball zu veranlassen, beim Abspringen vom Boden in einer vom Gegner nicht vorhergesehenen und von ihm beabsichtigten Richtung seinen Flug fortzusetzen. Diese Wirkung wird dadurch erzielt, daß man nicht senkrecht auf den Ball schlägt, sondern gleichzeitig mit dem Racket eine zum Ball tangentielle Bewegung beschreibt, so daß der Ball in eine Rotation versetzt wird. Hierdurch erfährt er bei der Berührung des Bodens tangentielle Reibungskräfte, die ihn in der gewünschten Richtung ablenken. Ähnliche Erscheinungen liegen den Bewegungen der Elfenbeinbälle beim Billardspielen zugrunde,

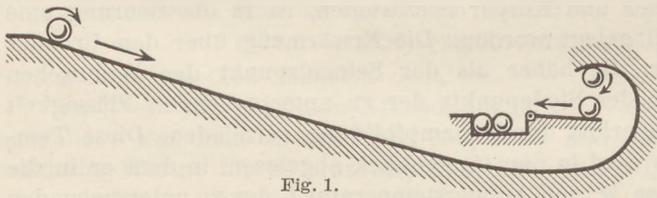


Fig. 1.

und zwar sowohl, wenn die Bälle zusammenprallen, als auch, wenn sie von der Bande reflektiert werden. Diese Erscheinungen sind schon verhältnismäßig schwierig rechnerisch zu verfolgen. Es soll hier deshalb ein Anwendungs-

beispiel für die mechanischen Zusammenhänge bei gleichzeitiger fortschreitender Bewegung und Drehung aus einem anderen Sportgebiet genommen werden, das in seiner Einfachheit und Anschaulichkeit sich zur näheren Behandlung besonders eignet.

Bei den neueren Kegelbahnen findet man Kugelrücklaufvorrichtungen entsprechend der Fig. 1. Die Kugel wird vom Kegelerstand am oberen Ende auf die Rücklaufrinne gelegt, rollt jedoch nicht ohne weiteres wie bei den älteren Anlagen in den Kugelfangkasten neben dem Keglerstand, sondern wird in senkrechter Kurve rückwärts umgelenkt, fällt sodann von ihrer Führungsbahn herunter auf eine Kugelfangleiste, auf der sie ihre Bewegung verlangsamt fortsetzt und in den Kugelfangkasten hineinrollt. Entsprechend der Figur hat die Kugel im Augenblick des Herunterfallens aus

der oberen Rinne in die untere eine für den Beschauer im Uhrzeigersinn orientierte Drehung. Beim Auftreffen auf die untere Fangrinne erfährt sie naturgemäß durch diese jetzt der Bewegungsrichtung entgegenwirkende Drehung eine Abbremsung. Das ist zum Teil der Sinn dieser Vorrichtung. Die Kugel soll zwar schnell und mit Sicherheit zurückrollen, jedoch fast energielos in den Fangkasten fallen, damit man sich nicht die Finger klemmt, wenn man zufällig im selben Augenblick eine neue Kugel herausnimmt. Wir wollen im folgenden untersuchen, wieviel die Kugel durch das Herabfallen und die erzwungene Drallumkehr an Geschwindigkeit bzw. Bewegungsenergie einbüßt.

Die Geschwindigkeit im Augenblick des Auftreffens auf die Fangrinne sei v , der Kugelradius R , das spezifische Gewicht der Kugel γ . Mit diesen Größen wird die kinetische Energie der fortschreitenden Bewegung:

$$E_1 = \frac{mv^2}{2} = \frac{4\pi R^3 \gamma \cdot v^2}{3g} = \frac{2\pi R^3 \gamma \cdot v^2}{3g} \dots \dots \dots (1)$$

Bezeichnen wir weiterhin die Winkelgeschwindigkeit der Drehung in diesem Augenblick mit ω , das polare Massenträgheitsmoment um die momentane Drehachse mit I , so ist die kinetische Energie der Drehung:

$$E_2 = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{Iv^2}{2R^2} \dots \dots \dots (2)$$

Das Massenträgheitsmoment I muß durch die Dimensionen der Kugel ausgedrückt werden. Entsprechend Fig. 2 erhalten wir dasselbe als dreifaches Integral der Massenelemente der Kugel, multipliziert mit den Quadraten ihrer Abstände von der Drehachse:

$$J = \int_{-R}^{+R} \int_0^{2\pi} \int_0^{\gamma} \frac{\gamma}{g} \cdot \rho^3 dx d\varrho d\varphi \dots \dots \dots (3)$$

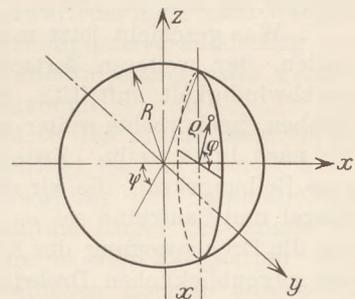


Fig. 2.

In dieser Gleichung bedeutet g die Erdbeschleunigung in m/sec^2 , ρ den Abstand eines beliebigen Massenelementes von der Drehachse, φ den Winkel entsprechend der bestehenden Figur 2, um den der Leitstrahl des betrachteten Massenelementes gegen die y -Achse geneigt ist, x die Entfernung auf der x -Achse vom Koordinaten- bzw. Kugelmittelpunkt und γ wieder das spezifische Gewicht der Kugel. Die Entwicklung obiger Integralformel liefert das Ergebnis:

$$\begin{aligned} J &= \frac{2\pi\gamma}{g} \int_{-R}^{+R} \int_0^{R-r} \rho^3 d\rho \cdot dx = \frac{2\pi\gamma}{g} \int_{-R}^{+R} \frac{r^4}{4} \cdot dx = \frac{2\pi\gamma}{g} \int_{-R}^{+R} \frac{(R \sin \psi)^4}{4} d(R \sin \psi) \\ &= \frac{2\pi\gamma}{g} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \frac{(R \sin \psi)^4}{4} \cdot R \cos \psi d\psi = \frac{\pi\gamma R^5}{2} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \sin^4 \psi \cos \psi d\psi \\ &= \frac{\pi\gamma R^5}{2} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} (1 - \cos^2 \psi)^2 \cos \psi d\psi = \frac{\pi\gamma R^5}{2} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} (\cos \psi - 2 \cos^3 \psi + \cos^5 \psi) d\psi \\ &= \frac{\pi\gamma R^5}{2} \left[\sin \psi - \frac{2}{3} \sin \psi \cos^2 \psi - \frac{4}{3} \sin \psi + \frac{\sin \psi \cos^4 \psi}{5} + \frac{4}{15} \sin \psi \cos^2 \psi + \frac{8}{15} \sin \psi \right] \\ &= \frac{\pi\gamma R^5}{2} \left[2 - \frac{8}{3} + \frac{16}{15} \right] = \frac{\pi\gamma R^5}{5g} \end{aligned} \quad (4)$$

Die Auflösung der Integrale der zyklometrischen Funktionen in vorstehender Berechnung ist an sich bekannt und kann, falls darauf nicht näher eingegangen werden soll, aus jeder Integralformelsammlung entnommen werden. Die Rechnung ist an sich nicht schwierig, erscheint nur kompliziert durch mehrfache Wiederholung der gleichen Integrierkniffe.

Wir setzen den errechneten Wert der Gleichung 4 in die Gleichung 2 ein und erhalten damit:

$$E_2 = \frac{\pi \gamma R^3 \cdot v^2}{10 g} \dots \dots \dots (5)$$

Es interessieren hier weniger die absoluten Werte der beiden kinetischen Energien, als vielmehr das Verhältnis, in dem sie zueinander stehen. Man erhält hierfür:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{3}{20} = 0,15. \dots \dots \dots (6)$$

In der Drehbewegung sind also, verglichen mit der fortschreitenden Bewegung, nur 15% der Energiemenge aufgespeichert. Bezieht man den Anteil auf die Gesamtenergie, so sind es 13%.

Was geschieht jetzt mit der Kugel, wenn sie auf die untere Fangbahn mit ihrer vollen, der weiteren fortschreitenden Bewegung entgegengesetzt gerichteten Drehgeschwindigkeit auftritt? Durch die Drehbewegung hat die Kugel an sich das Bestreben, nach rechts weiter zu rollen, während die lebendige Kraft der Fortbewegung sie nach links treibt. Zwischen der sich drehenden Kugel und der Laufbahn wirkt eine Reibungskraft, die wir mit P bezeichnen wollen. Der Reibungskoeffizient zwischen Kugel und Laufbahn sei μ . Wir müssen jetzt zunächst berechnen, wie lange es dauert, bis die Drehbewegung der Kugel abgebremst wird. Die Drehbeschleunigung entgegen der augenblicklichen Drehrichtung ist Drehmoment dividiert durch Trägheitsmoment:

$$\varepsilon = \frac{M}{J} \dots \dots \dots (7)$$

Das Drehmoment ist gleich der Reibungskraft multipliziert mit dem Kugelradius. Die Reibungskraft selbst ist wieder gleich dem Gewicht der Kugel multipliziert mit dem Reibungskoeffizienten. Setzt man diese Zusammenhänge in Form einer Gleichung an und führt wieder die Dimensionen der Kugel ein, so erhält man für die Winkelbeschleunigung den Wert:

$$\varepsilon = \frac{P \cdot R}{J} = \frac{20 \mu g}{3 R} \dots \dots \dots (8)$$

Die Bremszeit bis zur Vernichtung der Drehbewegung ist gleich dem Verhältnis aus der augenblicklichen Winkelgeschwindigkeit dividiert durch die Winkelbeschleunigung. Berücksichtigt man, daß die Winkelgeschwindigkeit gleich dem Quotient aus der fortschreitenden Geschwindigkeit durch den Kugelradius sein muß, da die Kugel vorher eine reine Rollbewegung ausgeführt hat, so erhält man für die Bremszeit den Wert:

$$t = \frac{w}{\varepsilon} = \frac{3 v}{20 \mu g} \dots \dots \dots (9)$$

In ähnlicher Weise kann man den Geschwindigkeitsverlust der fortschreitenden Bewegung infolge der bremsenden Reibungskraft während dieser Zeit berechnen, den wir mit Δv bezeichnen wollen:

$$\Delta v = b \cdot t = \frac{3}{20} v \dots \dots \dots (10)$$

Wie man sieht, vermindert sich die Geschwindigkeit gegenüber der ursprünglichen um $\frac{3}{20}$. Die verbleibende Geschwindigkeit ist also

$$v_2 = \frac{17}{20} \cdot v = 0,85 v.$$

Nachdem die rotierende Bewegung abgebremst ist, hat die Kugel nur noch eine fortschreitende Bewegung und infolgedessen das Bestreben, auf der Unterlage zu

rutschen. Hieran wird sie durch die gleiche Reibungskraft gehindert, die die ursprüngliche Drehbewegung abgebremst hat, und gezwungen, eine neue Drehung auszuführen und auf der Unterlage zu rollen. Dadurch, daß nunmehr ein Teil der noch vorhandenen Bewegungsenergie wieder in Drehung verwandelt werden muß, verliert die Kugel nach dem Energieprinzip selbstverständlich an fortschreitender Geschwindigkeit. Man kann jetzt auf Grund dieses Prinzips und der oben angestellten Erwägungen und Berechnungen sehr leicht finden, wie groß diese neue Geschwindigkeitseinbuße sein wird. Wenn die Kugel wieder eine reine Rollbewegung ausführt, entfallen 13% ihrer gesamten Bewegungsenergie auf die Drehung. Infolgedessen wird die Wucht der fortschreitenden Bewegung um 13% vermindert und beträgt nunmehr:

$$E_3 = \frac{m v_2^2}{2} \cdot 0,87 = \frac{0,87 \cdot 0,85^2 \cdot m v^2}{2} = \frac{0,63 m v^2}{2} \dots \dots \dots (11)$$

Hieraus kann man in einfacher Weise die Geschwindigkeit der reinen Rollbewegung berechnen und erhält:

$$v_3 = \sqrt{0,87 v_2^2} = 0,93 v_2 = 0,93 \cdot 0,85 v = 0,79 v \dots \dots \dots (12)$$

Das Ergebnis ist einigermaßen überraschend. Statt der erwarteten mehr oder weniger vollkommenen Abbremsung erhält man nur eine Geschwindigkeitsverminderung von im ganzen etwa 21%. Der Energieverlust ist natürlich verhältnismäßig etwas größer, da er mit dem Quadrat des Geschwindigkeitsverlustes zunimmt.

Die fast vollkommene Abbremsung der Kugel wird in der Praxis dadurch erreicht, daß die Fangbahn am linken Ende gelenkig aufgehängt ist und federnd nachgibt. Sie neigt sich unter dem Gewicht und der Stoßwirkung der herabfallenden Kugel mit dem rechten Ende etwas nach unten, so daß die Kugel gezwungen ist, nach links hin ein Stück wieder hinaufzurollen, ehe sie in den Fangkasten fällt. Durch die Hubarbeit wird nun der größte Teil der restlichen Energie aufgezehrt. Außerdem ist die Reibung auf diesem Teil der Laufrinne verhältnismäßig sehr groß, da sie mit Leder bezogen ist.

Das rechnerische Ergebnis des Beispiels läßt erkennen, daß zur Ablenkung von sich bewegenden Kugeln und Billardbällen schon verhältnismäßig große Drehgeschwindigkeiten beim Auftreffen auf ein Hindernis erforderlich sind, wenn der Rückprallwinkel wesentlich beeinflußt werden soll. Erheblich anders liegen die Verhältnisse allerdings bei luftgefüllten Hohlkörpern, wie beispielsweise bei Tennisbällen, bei denen die ganze Masse auf der Oberfläche der Kugel angeordnet ist. Der Anteil der Rotationsenergie bei reiner Rollbewegung an der gesamten Bewegungsenergie ist hier erheblich größer! Es lohnt sich, hierfür entsprechende Beispiele herauszusuchen und durchzurechnen.

Kleine Mitteilungen.

Eine bemerkenswerte Hüllkurve.

Von H. Bock in Hamburg.

Fig. 1 zeigt die orthogonale Projektion einer zweigängigen Schraube mit dreieckigem Schnittprofil P , das oben punktiert eingezeichnet ist. S ist somit die halbe Steigung, einem halben Umlauf entsprechend. Durch jede Ecke des Profils geht eine Schraubenlinie, die in der Projektion als Sinoide erscheint. Zur Vervollständigung des Bildes wäre es streng genommen nötig, für jeden einzelnen Punkt der Profildreiecks-Seite die zugehörige Sinoide zu zeichnen und so die Hüllkurve oder Enveloppe E festzustellen, die sämtliche Sinoiden berührt. In der Praxis ist es üblich, diese Hüllkurve geradlinig darzustellen, und in Wirklichkeit weicht sie von der geraden Gestalt auch nur wenig ab.

Im folgenden soll die Gleichung der Hüllkurve aufgestellt werden. Fig. 2 zeigt die Profilgerade l , und für zwei ihrer Punkte, die Stellen 1 und 2, sind die Sinoiden

gezeichnet, beide natürlich mit derselben Steigung, die hier durch die Strecke s repräsentiert wird, einem Viertelungang entsprechend. Die durch 2 gehende Kurve wird durch den Parameter a gekennzeichnet, und ihre Gleichung lautet, wie leicht ersichtlich ist:

$$y - (h - a \cdot b) \cdot \cos \frac{\pi}{2 \cdot s} (x - a) = 0 \quad \dots \quad (1)$$

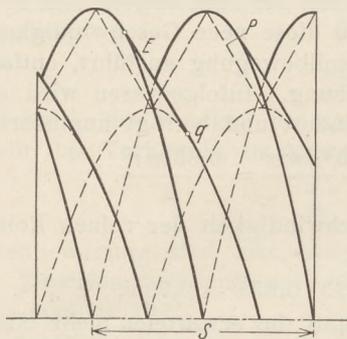


Fig. 1.

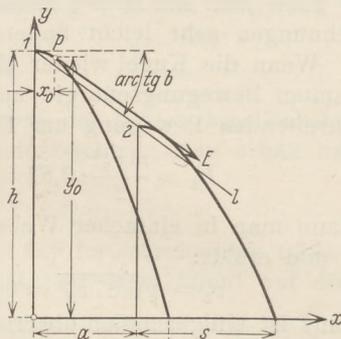


Fig. 2.

Die unendlich benachbarte Kurve wird erhalten, indem man a um da vermehrt; das liefert:

$$\operatorname{tg} \frac{\pi}{2 \cdot s} (x - a) - \frac{2 b \cdot s}{\pi (h - a \cdot b)} = 0 \quad \dots \quad (2)$$

Durch Elimination des Parameters a aus (1) und (2) würde man die gesuchte Gleichung der Enveloppe bekommen; zuvor formen wir die beiden Gleichungen um und schreiben:

$$y = \frac{h - a \cdot b}{\sqrt{1 + \left[\frac{2 b \cdot s}{\pi (h - a \cdot b)} \right]^2}} \quad \dots \quad (3)$$

$$x = \frac{2 s}{\pi} \cdot \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{2 b \cdot s}{\pi (h - a \cdot b)} + a \quad \dots \quad (4)$$

Durch die Substitution

$$\frac{2 s b}{\pi (h - a \cdot b)} = z \quad \dots \quad (5)$$

kommt nun:

$$y = \frac{2 s b}{\pi \cdot z \sqrt{1 + z^2}} \quad \dots \quad (6)$$

$$x = \frac{2 \cdot s}{\pi} \left(\operatorname{arc} \operatorname{tg} z - \frac{1}{z} \right) + \frac{h}{b} \quad \dots \quad (7)$$

Die beiden Beziehungen (6) und (7) bilden die Parametergleichung der gesuchten Enveloppe, wobei z als Parameter auftritt. Dieser läßt sich leicht eliminieren, denn aus (6) folgt:

$$z = + \sqrt{ \sqrt{ \frac{1}{4} + \left(\frac{2 s \cdot b}{\pi \cdot y} \right)^2 } - \frac{1}{2} } ; \quad \dots \quad (8)$$

z darf weder negativ noch imaginär werden, weil diese Fälle durch die Art des Problems ausgeschlossen sind. Durch Einführen von (8) in (7) ergibt sich nun die Enveloppen-Gleichung:

$$x = \frac{2 s}{\pi} \cdot \left[\operatorname{arc} \operatorname{tg} \sqrt{ \sqrt{ \frac{1}{4} + \left(\frac{2 s b}{\pi y} \right)^2 } - \frac{1}{2} } - \frac{1}{\sqrt{ \sqrt{ \frac{1}{4} + \left(\frac{2 s b}{\pi y} \right)^2 } - \frac{1}{2} } } \right] + \frac{h}{b} \quad (9)$$

Es besteht aber noch insofern eine Besonderheit, als die Profillinie l im Punkte 1 eine Unstetigkeit hat; sie geht nämlich nicht geradlinig nach oben weiter, sondern,

wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, wieder nach unten. Die Enveloppe endigt daher im Punkte p , wo sie die größte der Sinoiden berührt, und wird von da ab durch diese ersetzt. p liegt dort, wo Enveloppe und Hauptsinoide sich berühren, oder anders gesagt dort, wo ihre Differentialquotienten übereinstimmen. Analog steht es um den anderen Endpunkt der Hüllkurve, der in Fig. 1 mit q bezeichnet ist.

An der Stelle p ist der Parameter $a = 0$ und demgemäß $z = \frac{2s \cdot b}{\pi \cdot h}$. Somit folgt aus (4):

$$x_0 = \frac{2s}{\pi} \cdot \text{arc tg} \frac{2 \cdot s \cdot b}{\pi \cdot h} \dots \dots \dots (10)$$

und aus (1):

$$y_0 = h \cdot \cos \frac{\pi \cdot x_0}{2s} \dots \dots \dots (11)$$

Die Krümmung der Enveloppe E läßt sich beurteilen aus der Beziehung:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\frac{dy}{dz}}{\frac{dx}{dz}} = - \frac{b}{\sqrt{1+z^2}} \dots \dots \dots (12)$$

Zur quantitativen Klärung bedienen wir uns am besten eines Zahlenbeispiels und wählen dazu die Verhältnisse der Fig. 2. Es sei $h = 70$ mm, $s = 35$ mm und $b = 0,72$. Dann ergeben sich für $a = 0$ die Werte: $z_0 = 0,229$, $x_0 = 5,03$ und $y_0 = 68,3$ mm. Ferner wird:

$$\frac{dy}{dx} = - \frac{0,72}{\sqrt{1+z^2}}$$

und das gibt für $a = 0$ rund $-0,7$; setzen wir a maximal gleich 25 mm, so ergibt sich nach (5) das zugehörige z zu 0,309, sowie

$$\frac{dy}{dx} = -0,69.$$

Man sieht daraus, daß die Form der Hüllkurve innerhalb des in Betracht kommenden Bereichs von der Geraden tatsächlich nur wenig abweicht und daher praktisch durch diese unbedenklich ersetzt werden darf.

Geschwindigkeit und Beschleunigung.

Von W. Volkmann in Berlin.

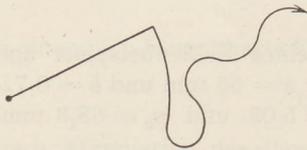
Die Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung werden in den Physikbüchern nicht immer so vorsichtig und eingehend erläutert, wie es notwendig ist. Ja, selbst beim Wegelement werden nötige Unterscheidungen der Kürze des Ausdrucks geopfert.

Ein gerader Weg und ein beliebiges Stück von ihm können immer als Vektor aufgefaßt werden. Bei einer gekrümmten Bahn ergeben sich aber Schwierigkeiten. Es genügt nicht, ein kleines Bahnstück zu nehmen. Es genügt auch nicht, durch ein vorgesetztes Δ den Vorbehalt weiterer Verkleinerung nach Bedarf zu machen. Der Kurve gehört an jeder Stelle ein Krümmungsradius zu, und von dieser Eigenschaft der Kurve kann auch ihr kleinstes Stückchen nicht frei werden, darum ist es kein Vektor. Zwar wird es bei der Verkleinerung einem Grenzwert immer ähnlicher, aber es wird nicht mit ihm identisch. Es bleibt also nur der wirkliche Grenzübergang, die bewußte Vertauschung des Kurvenstückchens Δs mit dem Tangentenstückchen ds .

FR. POSKE spricht von der punktuellen Bedeutung des Begriffes der Tangentenrichtung in der Geometrie (Didaktik, Seite 213). Dieser Ausdruck deutet nur einen Teil des Verfahrens an, nämlich die Verkleinerung des Kurvenstücks, die manche

glauben bis zum Punkt durchführen zu können. Auch wenn das gelänge, wäre uns damit nicht geholfen, denn dem Punkt kann man keine Vektoreigenschaften beilegen. POSKE wird dies kaum gemeint haben, deutet aber die Hauptsache nicht an. Es ist leicht zu veranschaulichen, daß der Unterschied solcher Stücke der Kurve und der Tangente, die beide am Berührungspunkt beginnen und in der Richtung der x-Achse gleichweit führen, am Abstand der Endpunkte zu erkennen ist, und daß dieser Abstand ein immer kleinerer Bruchteil des Kurvenstückes wird, wenn man dieses und das Tangentenstück verkleinert. Aber auch das ist anschaulich, daß man so nur beliebig nahe an den Grenzwert herankommt, ohne in ihn einzutreten. Es ist genau so anschaulich, wie die Unmöglichkeit, eine Zahl durch fortgesetztes Halbieren gänzlich aufzubrechen. Der Grenzübergang bleibt also immer noch ein Entschluß, das darf nicht verschleiert werden. Dieser Entschluß ist aber ebenso gut gerechtfertigt, wie das Ersetzen eines periodischen Dezimalbruches durch den passenden Bruch.

Zur Geschwindigkeit sagt POSKE (ebenda): Ihre Definition zu geben, ist nicht erforderlich, denn „in der Physik bedeutet Geschwindigkeit genau dasselbe, wie im gewöhnlichen Leben“ (auch bei POSKE in Anführungsstrichen). Hiergegen ist einzuwenden, daß man nicht nur bei Bewegungen von Geschwindigkeit spricht, sondern auch bei Vorgängen ganz anderer Art, und daß bei Bewegungen im gewöhnlichen Leben nur von der Bahngeschwindigkeit, aber nicht vom Geschwindigkeitsvektor die Rede ist.



Zur Zeitmessung kann irgend ein Vorgang von gleichmäßigem Verlauf benutzt werden, z. B. das Brennen einer Kerze (für die Zeiteinteilung irgend eine regelmäßige Wiederkehr). Die Zeit wird dabei aus ihrem Kehrwert, der Geschwindigkeit im landläufigen Sinne, abgeleitet. Man kann eine Weglänge als Zeitmaß für die Wander- oder Fahrzeit nehmen, wenn über das Verhalten des Wanderers und die Wegbeschaffenheit ausreichende Angaben gemacht sind:

Ein Radfahrer bewege sich auf dem in der Figur gezeichneten Wege mit durchaus gleichmäßiger Raddrehung. Der Weg ist erst gerade, dann macht er einen Kreisbogen um den Anfangspunkt, dann einige Windungen, von denen eine rückläufig ist. Im gewöhnlichen Sinne ist dann die Geschwindigkeit des Radlers auf dem ganzen Wege unverändert. Der Geschwindigkeitsvektor ist aber nur auf dem geraden Anfangsstück unverändert.

Mir scheint, daß man in der Schulphysik zuerst die Geschwindigkeit irgend eines Vorganges, z. B. Abkühlen einer Suppe, besprechen sollte, dann Bahngeschwindigkeit eines Fahrzeuges und Zeitmessung durch Geschwindigkeiten. Später kommt in scharfer Hervorhebung des Unterschiedes der Geschwindigkeitsvektor, wobei man von der Bahngeschwindigkeit ausgehen kann. Zur Ergänzung ist aber noch eine Ableitung gut, die mit dem Vektor beginnt und von ihm die Bahngeschwindigkeit herleitet:

Man setzt den jeweiligen Ort des Radlers zum Abfahrtsort in Beziehung durch den Radiusvektor r . Sein absoluter Betrag heist die Entfernung in Luftlinie, bleibt in dem Beispiel auf dem Kreisbogen ungeändert und nimmt nachher auch zeitweise ab, sonst zu. Dann ist $\frac{dr}{dt}$ der Geschwindigkeitsvektor; er hat im allgemeinen andere Richtung als r . Sein absoluter Betrag ist ebenso groß wie die Bahngeschwindigkeit und gibt im landläufigen Sinne die Geschwindigkeit des Radlers an. Sie ist im Beispiel als gleichbleibend vorausgesetzt. Auch der Differentialquotient des absoluten Betrages von r nach der Zeit hat einen Sinn, der bei Getriebenen zu beachten ist.

Beschleunigt heißt im gewöhnlichen Sprachgebrauch nur „schneller als üblich“ (Beschleunigter Personenzug). Wird zunehmende Geschwindigkeit gemeint, so dürfte der Sprechende stets das Bewußtsein haben, sich physikalisch auszudrücken. Es wird sich dabei in der Regel um den Differentialquotienten der Bahngeschwindigkeit nach

der Zeit handeln. Bezeichnet man die Vektoren der Geschwindigkeit und Beschleunigung mit den Frakturbuchstaben \mathbf{v} und \mathbf{b} , die absoluten Beträge mit den Kursiv-Antiqua-Buchstaben v und b , so ist die Bahnbeschleunigung (wie man das eben Erwähnte nennen kann) $\frac{dv}{dt}$. Dagegen ist der Vektor $\mathbf{b} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$. Der absolute Betrag dieses Vektors wird nur bei gerader Bahn der Bahnbeschleunigung gleich, sonst ist er davon verschieden, und zwar ist

$$\frac{dv}{dt} = \left| \frac{d\mathbf{v}}{dt} \right| \cos(\mathbf{v}, \mathbf{b}).$$

In dem vorliegenden Beispiel ist die Bahnbeschleunigung durchweg gleich Null, der Beschleunigungsvektor und sein absoluter Betrag nur auf dem geraden Anfangsstück des Weges. Nach der Voraussetzung über die Bewegungsweise des Radlers ist der Kosinus immer gleich Null, die beiden Vektoren \mathbf{v} und \mathbf{b} stehen also senkrecht aufeinander. Durch die Beziehung auf den Vektor hat der Name Beschleunigung seinen anschaulichen Sinn eingebüßt; diese Erschwerung für das Erfassen und Behalten dieser Zusammenhänge darf man beim Unterricht nicht außer acht lassen.

Beim freien Fall ist die Beschleunigung bekanntlich 981 cm/sec^2 . Man benutzt aber leider den Namen Beschleunigung zugleich für die Ursache des Fallens, nämlich für die Feldstärke g , und zwar auch dann, wenn der Fall verhindert ist und als Folge der Feldstärke nur das ruhende Gewicht $m \cdot g$ auftritt. Der gleiche Name für Ursache und Wirkung ist sehr lästig beim Erläutern wichtiger Formeln und Versuche (POGGENDORFFSche Fallwaage). Es wäre gut, wenn dieser Doppelsinn verschwände, etwa indem man g Feldstärke nennt.

Der Gebrauch des Wortes „gleichförmig“ (uniformiter bei NEWTON) ist nicht ganz einheitlich. Einige beziehen es nur auf Bahnen, deren Form erhalten bleibt, also Gerade, Kreis und Schraube, andere auf den Vektor, so daß nur gerade Bahn übrig bleibt. Die besten Quellen kennen aber diese Einschränkungen nicht, sie nennen eine Geschwindigkeit gleichförmig, wenn ihr absoluter Betrag sich nicht ändert, und eine Beschleunigung, wenn die Bahnbeschleunigung konstant ist. Die Mißdeutungen zeigen, daß das in der Umgangssprache selten gewordene Wort fremdartig anmutet und man deshalb mehr hinter ihm sucht, als man unter gleichmäßig verstehen würde.

Ableitung der ebenen Erdbahnelemente.

Von Dr. H. Hermann in Tübingen.

I.

Um aus den beiden ersten KEPLERSchen Gesetzen in erster Näherung für die Bahnelemente: Exzentrizität und Perihellänge Bestimmungsgleichungen zu gewinnen, muß man Punkte wählen, für welche die „Heterogenie“ (Unverhältnigkeit) des Sinus mit dem Bogen¹ vernachlässigt werden darf.

Als Beobachtungsgrundlage diene die Länge der Jahreszeiten; sie werden aus nachher ersichtlichem Grunde zu vier Halbjahrsgruppen zusammengefaßt. Es dauerten 1926 – 1927²

Herbst	89,794	Tage	}	178,812	Tage
Winter	89,018	"	}	181,826	"
Frühling	92,808	"	}	186,430	"
Sommer	93,622	"	}	183,416	"
Herbst	89,794	"	}		

¹ JOHANNES KEPLERS Neue Astronomie, Kap. 60, Schlußsatz.

² Zu entnehmen aus dem Berliner astronom. Jahrb., je S. 37, oder den Tabellen der Himmelserscheinungen in dieser Zeitschrift.

Die Angabe für Herbst ist eine Ausgleichung, welche mit den 3 anderen Jahreszeiten zusammen den genauen NEWCOMBSchen Formelwert der Jahreslänge für 1927¹ herstellt; sie liegt zwischen den Jahrbuchangaben von 1926 und 1927, jedoch nicht genau in der Mitte beider.

Die Zusammenstellung der Halbjahre zeigt, daß die Sonnennähe der Erde in den Winter, die Sonnenferne in den Sommer fällt. Bestimmen wir also die Lage der Erdbahnachse (Apsidenlinie) gegen die Sonnenwenden (Winteranfang und Sommeranfang), d. h. durch den Überschuß der Perihellänge über einen rechten Winkel, so ist dieser Überschuß, die wahre Anomalie α der Erde im Winteranfang vom sonnennächsten, im Sommeranfang vom sonnenfernsten Punkt betrachtet, ein nicht allzu großer Winkel. Der zugehörige KEPLERSche Hilfswinkel, die exzentrische Anomalie des quer zur großen Achse auf dem umbeschriebenen Kreise affinen Punktes, heiße β .

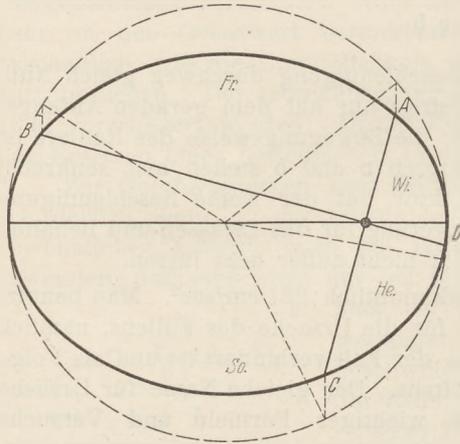


Fig. 1. AC ist Schnittgerade der Erdbahnebene mit einer durch die Sonne gelegten Parallelebene zum Erdäquator. Die große Erdbahnachse verbindet (nach dem zweiten KEPLERSchen Gesetze) die Punkte, wo die Flächengeschwindigkeit des Fahrstrahls ihre äußersten Werte hat; zufällig steht sie fast senkrecht auf AC .

Ferner zeigt der bloße Anblick der Sonnenscheibe das Jahr über, daß die numerische Exzentrizität ϵ der Erdbahnellipse ein kleiner Bruch sein muß. (In Fig. 1 ist ϵ der Deutlichkeit halber größer als α gezeichnet. Dies hat zur Folge, daß die Hilfslinie, welche den Schenkel der exzentrischen Anomalie des Herbstanfangspunktes C bildet, in den vierten Ellipsenquadranten fällt. Bei der Erdbahn liegt sie, wie sich auch im folgenden bestätigt, noch im dritten Ellipsenquadranten.)

Unter Benutzung dieser Kleinheit lassen sich beide Größen folgendermaßen behandeln².

Ist a die große Halbachse der Erdbahn, so lautet die KEPLERSche Gleichung

$$\mu \tau = \beta - \epsilon \sin \beta. \quad (1)$$

wo μ die mittlere Winkelgeschwindigkeit des Fahrstrahls, τ die Zeit ist.

Die elliptische Bahngleichung wurde von KEPLER bekanntlich zuerst in der Form gefunden, daß der Fahrstrahl

$$r = a - a \epsilon \cos \beta. \quad (2)$$

gesetzt werden durfte³, wenn, abweichend von KEPLER, die Winkelzählung bei der Sonnennähe begonnen wird.

Um die wahre Anomalie in diese Gl. einzuführen, setzt man an Hand der Figur⁴

$$\cos \alpha = \frac{a \cos \beta - a \epsilon}{r},$$

¹ FLADT-SEITZ, *Astronomie* (1929), S. 47. Ergebnis 365,242 Tage. Hieraus folgt für die mittlere Winkelgeschwindigkeit des Fahrstrahls Sonne-Erde in diesem Jahr in analytischem Maß die Zahl 0,0172028; in Winkelsekunden 3548,33'' je Tag. Hat man keine sechs- oder mehrstelligen Tafeln, so beginne man mit der Berechnung der Vielfachen dieser Zahl; sie betragen für das gewählte Jahr

2f. 709 666	4f. 1419 332	6f. 2128 998	8f. 2838 664
3f. 1064 449	5f. 1774 165	7f. 2483 831	9f. 3193 497

² Das als Sonderverfahren für kleines α und ϵ zu bezeichnende Verfahren unterscheidet sich von dem klassischen durch Umgehung der Berechnung von Radienlängen. Es wurde vom Verf. ausgearbeitet, als es ihm nicht gelang, in der Literatur eine für Schulzwecke hinreichend einfache Entwicklung zu finden, welche den klassischen näher stehen sollte als die heliometrische von MARTUS (*Astr. Erdk.* § 17). Auch als Vorstufe zu der FOURIER-Entwicklung der KEPLERSchen Gleichung (*Enzykl. der math. Wiss.* II A 12, S. 891) läßt es sich betrachten.

³ WIELETTNER, *Unterrichtsb. f. Math. u. Naturwiss.* 34, 276 (1928).

⁴ KNOPF, *Bahnbestimmung*, in AUERBACHS *Taschenbuch f. Math. u. Phys.* 2, 52; FLADT-SEITZ, *Astronomie* S. 111.

also nach (2)

$$\cos \alpha = \frac{\cos \beta - \varepsilon}{1 - 2 \cos \beta} \dots \dots \dots (3)$$

und geht mittels korrespondierender Subtraktion und Addition über zu

$$\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha} = \frac{1 - \cos \beta}{1 + \cos \beta} \cdot \frac{1 + \varepsilon}{1 - \varepsilon}$$

oder

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \varepsilon}{1 - \varepsilon}} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \dots \dots \dots (4)$$

wodurch auch β zur expliziten Funktion von α wird.

Ist α klein, so wird demnach aus (1)

$$\mu \tau \approx \alpha \sqrt{\frac{1 - \varepsilon}{1 + \varepsilon}} (1 - \varepsilon); \dots \dots \dots (5)$$

und ist auch ε klein, so kann man schreiben

$$\mu \tau \approx \alpha (1 - \varepsilon)^2. \dots \dots \dots (6)$$

Beziehen sich (1) und (6) auf den Winteranfang (D in Fig. 1), so gilt für den Frühlingsanfang A

$$\mu (\tau + 89,018) = \beta_{(\alpha + \pi/2)} - \varepsilon \sin \beta_{(\alpha + \pi/2)} \dots \dots \dots (7)$$

Ist $\beta_{(\alpha + \pi/2)}$ nahe bei $\pi/2$, so erhält man folgende Entwicklungen, in welchen später die nicht linearen Glieder wegfallen. Sie können daher im Unterricht von vornherein wegbleiben und sind zu diesem Zweck kleiner gedruckt.

$$\beta_{(\alpha + \pi/2)} \approx \pi/2 - \cos \beta_{(\alpha + \pi/2)}; \sin \beta \approx -1 + \frac{1}{2} \cos^2 \beta \dots \dots \dots (8)$$

Mit Hilfe von (3) ist:

$$\cos \beta = \frac{\varepsilon + \cos \alpha}{1 + \varepsilon \cos \alpha}$$

woraus man erhält:

$$\cos \beta_{(\alpha + \pi/2)} = \frac{\varepsilon - \sin \alpha}{1 - \varepsilon \sin \alpha}$$

Für kleines ε und α ergibt dies

$$\cos \beta_{(\alpha + \pi/2)} \approx -\alpha + \varepsilon$$

also nach (8), zweite Gl.

$$\varepsilon \sin \beta \approx -\alpha + \frac{\varepsilon(\varepsilon + \alpha)^2}{2};$$

also wird aus Gl. (7) die Näherungsgl. für A

$$\mu (\tau + 89,018) = \pi/2 + \alpha - 2\varepsilon - \frac{3}{2} \alpha^2 \varepsilon - 2\alpha \varepsilon^2 \dots \dots \dots (9)$$

Für den Herbstanfang C gilt streng

$$\mu (\tau + 89,018 + 186,430) = \beta_{(\alpha + 3/2 \pi)} - \varepsilon \sin \beta_{(\alpha + 3/2 \pi)} \dots \dots \dots (10)$$

und wegen der Kleinheit von α

$$\beta_{(\alpha + 3/2 \pi)} \approx 3/2 \pi + \cos \beta_{(\alpha + 3/2 \pi)} \dots \dots \dots (11)$$

wobei wieder durch Umformung entsteht

$$\cos \beta_{(\alpha + 3/2 \pi)} = \frac{\varepsilon + \sin \alpha}{1 + \varepsilon \sin \alpha}$$

Bei kleinem ε und α wird daraus

$$\cos \beta_{(\alpha + 3/2 \pi)} \approx \varepsilon + \alpha - \varepsilon^2 \alpha - \varepsilon \alpha^2 \dots \dots \dots (12)$$

Also wird aus Gl. (11)

$$\beta_{(\alpha + 3/2 \pi)} \approx 3/2 \pi + \varepsilon^2 - \alpha - \varepsilon \alpha - \varepsilon \alpha^2 \dots \dots \dots (13)$$

und aus Gl. (10) die Näherungsgl.

$$\mu (\tau + 89,018 + 186,430) = 3/2 \pi + 2\varepsilon - \alpha - \frac{3}{2} \alpha^2 \varepsilon - 2\alpha \varepsilon^2 \dots \dots \dots (14)$$

Subtrahiert man (9) von (14), so erhält man eine lineare Gl. für ε , nämlich

$$186,430 \mu = \pi + 4\varepsilon \dots \dots \dots (15)$$

Einsetzen der Zahlwerte ergibt

$$4 \varepsilon = \left(\frac{186,430}{182,621} - 1 \right) \pi; \quad \varepsilon = 0,01638.$$

Als Rechenprobe kann man die Entwicklung auch mit Hilfe der Jahreszeiten Herbst und Winter durchführen; man findet dann

$$4 \varepsilon = \left(1 - \frac{178,812}{182,621} \right) \pi;$$

das Ergebnis ist genau dasselbe; denn die beiden wahren Halbjahresdauern liegen um gleichviel über und unter der mittleren Halbjahresdauer. Würde man dagegen die Jahreszeiten einzeln bearbeiten, so würden die Glieder mit $\alpha^2 \varepsilon$ und $\alpha \varepsilon^2$ nicht wegfallen, die Ergebnisse daher ungenau werden und (paarweise) voneinander stark abweichen.

Zur Ermittlung von α geht man vom Winteranfang D , Gl. (1), auf Grund der Kleinheit von β zu schreiben

$$\mu \tau \approx (1 - \varepsilon) \sin \beta; \quad (\beta < 0, \text{ wie sich später ergibt}) \quad (16)$$

über zum Sommeranfang B , für welchen, da $\beta (\alpha + \pi)$ ein stumpfer Winkel und dessen Sinus positiv ist,

$$\mu (\tau + 181,826) \approx \pi - (1 + \varepsilon) \sin \beta (\alpha + \pi) \quad (17)$$

Mit Hilfe der Identität

$$\sin \beta = \frac{2 \operatorname{tg} \beta/2}{1 + \operatorname{tg}^2 \beta/2}$$

ist nach Gl. (4)

$$\sin \beta (\alpha + \pi) = \frac{2 \sqrt{\frac{1-\varepsilon}{1+\varepsilon}} \operatorname{tg} (\alpha/2 + \pi/2)}{1 + \frac{1-\varepsilon}{1+\varepsilon} \operatorname{tg}^2 (\alpha/2 + \pi/2)} = - \frac{2 \sqrt{\frac{1-\varepsilon}{1+\varepsilon}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{1-\varepsilon}{1+\varepsilon}}$$

Für kleines ε und α ergibt dies

$$\sin \beta (\alpha + \pi) \approx -\alpha (1 + \varepsilon - \alpha^2/6 \dots) \quad (18)$$

und somit bis auf Glieder höherer Ordnung

$$\mu (\tau + 181,826) \approx \pi + \alpha (1 + \varepsilon)^2 \quad (19)$$

Aus (19) und (6) folgt durch Subtraktion

$$181,826 \mu \approx \pi + 4 \alpha \varepsilon \quad (20)$$

Einsetzen der Zahlwerte liefert

$$\alpha = -11^\circ 57' 50''.$$

Als Rechenprobe kann man die Entwicklung auch mit Hilfe der Jahreszeiten Sommer und Herbst durchführen; man findet dann

$$183,416 \mu = \pi - 4 \alpha \varepsilon.$$

Das Zahlergebnis ist dasselbe.

Die erlangten ersten Näherungswerte weichen beide vom richtigen Wert um 2% ab (Fig. 2), wo diese Werte Koordinaten des Punktes I sind.

II.

Durch Subtraktion der Gl. (10) und (7) erhält man für das Halbjahr Frühling und Sommer die Gleichung

$$186,430 \mu = \beta (\alpha + 1/2 \pi) - \beta (\alpha + \pi/2) - \varepsilon \sin \beta (\alpha + 1/2 \pi) + \varepsilon \sin \beta (\alpha + \pi/2) \quad (21)$$

oder in leichtverständlicher Abkürzung, mit Umformung der Sinusdifferenz

$$\varepsilon = \frac{186,430 \mu'' - \Delta \beta''}{2 \varrho'' \sin \frac{1}{2} \Delta \beta \cos \frac{1}{2} \Sigma \beta'} \quad (22)$$

wo ϱ'' die Winkelsekundenzahl des Radian (der analytischen Winkleinheit) bedeutet.

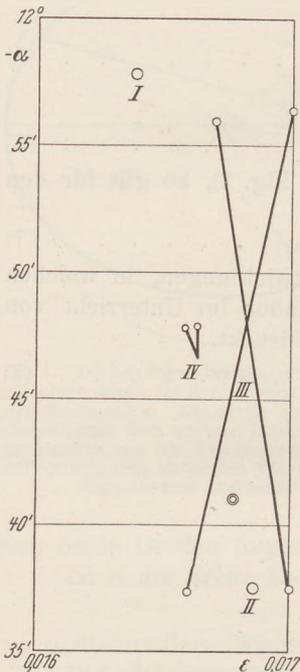


Fig. 2.

In (22) kommt ε wegen (4) implizit auch auf der rechten Seite vor; da es aber in der ganz ähnlich gebauten Näherungsgl. [nach (15)] nicht vorkam, schließt man, daß es jetzt immer noch rechts von geringerem Einfluß sein werde, und setzt dann rechts den ersten Näherungswert ein; so wird (21) ein Ausdruck für die zweite Näherung. Der Beweis für die Richtigkeit dieses Schlusses wird geführt, indem man (was für die Fortsetzung der Arbeit ohnehin erforderlich ist) das Ergebnis von (22) benutzt, um mittels (4) den zu dem gefundenen ε und dem benutzten β gehörigen, genau Gl. 21 erfüllenden α -Wert zurückzurechnen, vorteilhaft unter Verwendung der PFEILSchen Logarithmen für $\frac{1-\varepsilon^1}{1+\varepsilon}$; die Änderung zeigt sich als klein (Fig. 2)². Dabei benutzt man bequemer $\beta_{(\alpha-\pi/2)}$ statt $\beta_{(\alpha+\pi/2)}$, hat aber dann das erhaltene $\Delta\beta''$ von der Sekundenzahl des Vollkreises abzuziehen. Man findet aus dem dritten Halbjahr

$$\varepsilon_{2Fr.+So.} = 0,01710; \alpha \text{ zurück gerechnet } -11^{\circ}56'19''.$$

Als Rechenprobe kann die Arbeit auch mittels der Jahreszeiten Herbst und Winter, also aus

$$178,812 \mu = \beta_{(\alpha+\pi/2)} - \beta_{(\alpha-\pi/2)} - \varepsilon \sin \beta_{(\alpha+\pi/2)} + \varepsilon \sin \beta_{(\alpha-\pi/2)} \quad (23)$$

durchgeführt werden; das Ergebnis ist bis auf die von den Tafeln herrührende Schwankung der letzten Ziffer dasselbe.

Ein zweites Wertepaar erhält man aus dem zweiten Halbjahr

$$181,826 \mu = \beta_{(\alpha+\pi)} - \beta - \varepsilon \sin \beta_{(\alpha+\pi)} + \varepsilon \sin \beta, \quad (24)$$

nämlich

$$\varepsilon_{2Wi.+Fr.} = 0,01660; \alpha \text{ zurück gerechnet } -11^{\circ}55'59''.$$

Als Rechenprobe dazu ist zu bearbeiten

$$183,416 \mu = \beta - \beta_{(\alpha+\pi)} - \varepsilon \sin \beta + \varepsilon \sin \beta_{(\alpha+\pi)} \quad (25)$$

was bis in die vorletzte Stelle dasselbe liefert.

III.

Das beschriebene Verfahren ließe sich wiederholen, indem man von den Mittelwerten der beiden Wertepaare Gebrauch macht; der Fortschritt ist aber in α zu langsam. Daher wird besser der eine Mittelwert zur Vorbereitung der regula falsi benutzt. Um ohne Kenntnis der wahren Werte eine passende Änderung in α zu erhalten, setze man den Mittelwert der zweiten Näherung in ε

$$\varepsilon_2 = 0,01685$$

noch einmal in Gl. (20) ein; man erhält

$$\alpha_2 = -11^{\circ}37'34''.$$

Mit diesem Wertepaar (Fig. 2 rechts unten) wird Verfahren II wiederholt. Man erhält aus den Gl. (22) bis (25)

$$\varepsilon_{Fr.+So. \text{ oder } H.+Wi.} = 0,01660; \alpha - 11^{\circ}37'24''$$

$$Wi.+Fr. \text{ oder } So.+H. = 0,01707; -11^{\circ}37'33''.$$

Man besitzt jetzt zwei Wertepaare (ε, α), welche Gl. 22 (oder 23) genau befriedigen. Die Gl. stellt einen funktionalen Zusammenhang zwischen ε und α bei vorgeschriebener linker Seite her; dieser Zusammenhang kann jetzt durch einen linearen Zusammenhang zwischen den beiden Wertepaaren angenähert dargestellt werden, in einem Schaubild mit α und ε als Koordinaten durch die gerade Verbindungslinie der die beiden Wertepaare darstellenden Punkte. Ebenso wird mit den anderen beiden

¹ REX, Logarithmentafeln (Stuttgart 1884), zweites Heft, Tafel V.

² Nach HERGLOTZ, Bahnbestimmung, Enzykl. d. math. Wissensch. VI 2 S. 386 stammt der Grundgedanke dieser Art Annäherung von GAUSS; die angeführten Abschnitte der theoria motus (Werke VII, 2. Aufl. 1906, S. 49) enthalten jedoch ein spezielleres Verfahren. Die allgemeine Lösung der KEPLERSchen Aufgabe auf diesem Wege ist als durchsichtigste, wenn auch nicht schnellste für den Unterricht die geeignetste. (FRISCHAUF, Grundriß der theoret. Astronomie, 3. Aufl. (1922) Ziff. 3.)

Wertepaaren verfahren, welche Gl. (24) oder (25) befriedigen. Der Schnittpunkt der beiden Verbindungslinien stellt das Wertepaar dritter Näherung dar:

$$\begin{aligned} \varepsilon_3 &= 0,01683 \\ \alpha_3 &= -11^{\circ} 48'. \end{aligned}$$

Wird auch hiermit Verfahren II wiederholt, so erhält man die schon sehr dicht beisammen liegenden Werte

$$\begin{aligned} \varepsilon_{Fr. + So. \text{ oder } H. + Wi.} &= 0,016638; \alpha = -11^{\circ} 47' 52'' \\ Wi. + Fr. \text{ oder } So. + H. &= 0,016599; \alpha = -11^{\circ} 47' 50'' \end{aligned}$$

und verbindet man wieder linear die Punkte gleicher Halbjahre dieser oder der vorigen Rechnung, so erhält man als Wertepaar vierter Näherung

$$\begin{aligned} \varepsilon_4 &= 0,01663 \\ \alpha_4 &= 11^{\circ} 46' 40'', \end{aligned}$$

welches gegen den Wert nach FLADT-SEITZ in ε um $7^{\circ}/_{00}$ zu klein, $-\alpha$ $8^{\circ}/_{00}$ zu groß ist¹ und für Unterrichtszwecke hinreichen dürfte.

Durch Einsetzen dieses Wertes in Gl. (22) bis (25) erhält man eine genaue Bestätigung der Richtigkeit der beiden ersten KEPLERSchen Gesetze, welche sich bei (22) und (23) auf die selbst mit Schulbeobachtungen nachprüfbareren Zeitpunkte der Tag- und Nachtgleichen, bei (24) und (25) auf die etwas mehr Nachprüfbarkeit verlangenden Zeitpunkte der Sonnenwenden stützt.

Die Arbeit vermittelt ferner eine Vorstellung von der Schwierigkeit, α mit solcher Schärfe zu bestimmen, wie es zur Nachprüfung des Periheldrehungseffektes der EINSTEINSchen Gravitationstheorie² erforderlich wäre, was bei der Erdbahn in absehbarer Zeit nicht im Bereich des Möglichen liegt.

Über Eichkurven und Empfindlichkeit der Elektroskope.

Von Dr. Karl Heyer in Bayreuth.

Der Umstand, daß die bei Schülerübungen erhaltenen Eichkuren der Elektroskope meist und besonders um den Nullpunkt herum etwas unklar ausfallen, gab Veranlassung, für verschiedene Elektroskoptypen die Abhängigkeit von Ladung und Ausschlag zu berechnen und so für jeden Fall die ideale Eichkurve zu ermitteln.

1. Für das Hollundermark- (Kork-) Doppelpendel (Fig. 1 a) ist diese Abhängigkeit mit elementaren Mitteln auszurechnen. Bedeutet G das Gewicht eines Kügelchens in dyn, l die Fadenlänge in cm und α den halben Winkel der beiden Fäden, dann ist die Ladung einer Kugel:

$$Q = l \sqrt{G} \cdot 2 \sin \alpha \sqrt{\operatorname{tg} \alpha} \quad (\text{L. E.})$$

Die beigegebene Tabelle und Fig. 1 b stellen die Abhängigkeit dar, wobei der Faktor $l \sqrt{G}$, wie auch in allen folgenden Fällen, weggelassen wurde.

α	0	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$\frac{Q}{l \sqrt{G}}$	0	0,061	0,249	0,577	1,078	1,826	2,996	5,16	11,16	∞

Dem Winkel 90° entspräche unendlich große Ladung. Bei 0° besitzt die Kurve eine horizontale Tangente. Ein Maß für die Empfindlichkeit gibt der Quotient $\frac{\Delta Q}{\Delta \alpha}$ oder

¹ Astronomie S. 285; bei $-\alpha$ nach Abzug der Präzession; in Fig. 2 mit doppeltem Ring eingetragen.

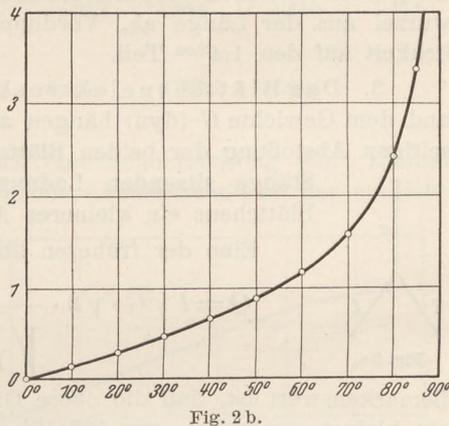
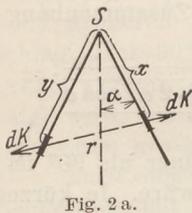
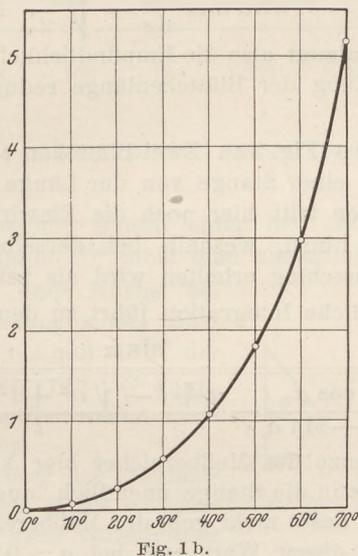
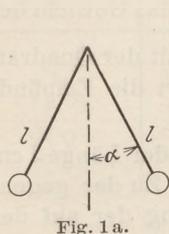
² Ableitung mit Schulmathematik: Unterrichtsbl. 33, 213, 331 (1927).

$\frac{dQ}{d\alpha}$; je kleiner dessen Wert ist, um so größer ist die Empfindlichkeit an der betrachteten Stelle. Das Hollundermarkdoppelpendel besitzt also um 0 herum sehr große Empfindlichkeit, die allerdings mit größer werdendem Winkel sehr rasch abnimmt.

2. Doppelpendel aus Metallblättchen (Fig. 2 a). Bedeutet wieder G das Gewicht eines Blättchens in dyn, l dessen Länge in cm, Q die auf die Länge gleichmäßig verteilte Ladung eines Blättchens, α den halben Winkel der beiden Blättchen, so führt eine Integration zu dem Zusammenhang:

$$Q = l\sqrt{G} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sin \alpha \sqrt{\frac{1 + \sin \alpha}{\cos \alpha}}$$

Ableitung: Je cm sitzt die Ladung $\frac{Q}{l}$, also auf den Elementen dx und dy die Ladungen $\frac{Q}{l}dx$ bzw. $\frac{Q}{l}dy$. Diese stoßen sich mit der Kraft $dK = \frac{Q^2}{l^2} \frac{dx dy}{r^2}$ ab. Das



Drehmoment sämtlicher Teilkräfte dK ist gleich dem Drehmoment des Blättchengewichts:

$$\Sigma dK \cdot h = G \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin \alpha.$$

Wenn man den Flächeninhalt des Dreiecks SXY zweimal ansetzt, ergibt sich:

$$\frac{x \cdot y \cdot \sin 2\alpha}{2} = \frac{r \cdot h}{2}.$$

Daraus
$$h = \frac{x \cdot y \cdot \sin 2\alpha}{r} = \frac{x \cdot y \cdot \sin 2\alpha}{\sqrt{x^2 + y^2 - 2xy \cos 2\alpha}}.$$

Durch Einsetzen in die Momentengleichung:

$$G \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin \alpha = \sum \frac{Q^2}{l^2} \frac{x \cdot y \cdot \sin 2\alpha dx dy}{(\sqrt{x^2 + y^2 - 2xy \cos 2\alpha})^3}$$

$$\frac{G \cdot l^3 \cdot \sin \alpha}{2 Q^2 \cdot \sin 2\alpha} = \int_{x=0}^l \int_{y=0}^l \frac{xy dx dy}{(x^2 + y^2 - 2xy \cos 2\alpha)^{\frac{3}{2}}}$$

Die Auswertung dieses Doppelintegrals ergibt den angeführten Ausdruck.

Nachstehende Tabelle und Fig. 2 b zeigen die Abhängigkeit in diesem Fall:

α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$\frac{Q}{l\sqrt{G}}$	0	0,134	0,288	0,465	0,664	0,897	1,184	1,583	2,43	∞

Natürlich wird auch hier Q für 90° unendlich; aber bei 0° setzt die Kurve nicht horizontal an, weshalb die Empfindlichkeit für kleine Ladungen unter sonst gleichen Verhältnissen kleiner ist als bei 1. Ein bedeutender Vorteil liegt für das Blättchen-doppelpendel jedoch darin, daß die Empfindlichkeit nicht so rasch abnimmt, sondern bis etwa 60° ziemlich gleich bleibt.

Als Maß für die Empfindlichkeit nimmt man hier wie in den folgenden Fällen den Quotienten $\frac{dQ}{ds}$, wo $s = l \cdot \alpha \cdot \frac{\pi}{180^\circ}$ die Bogenlänge bedeutet, um welche das Blättchenende (Zeigerende) ausschlägt. Bei $\alpha = 0^\circ$ wird hier $\frac{dQ}{ds} = \sqrt{\frac{G}{2}}$. Da das Gewicht der Länge der Blättchen proportional ist, nimmt also die Empfindlichkeit mit der Quadratwurzel aus der Länge ab. Verdoppelung der Blättchenlänge reduziert die Empfindlichkeit auf den 1,4^{ten} Teil.

3. Das Blättchenelektroskop (Fig. 3 a). Zwei Blättchen von der Länge l cm und dem Gewichte G (dyn) hängen an einer Stange von der Länge a . Zu der gegenseitigen Abstoßung der beiden Blättchen tritt hier noch die Einwirkung der auf der Stange sitzenden Ladung hinzu, weshalb bei derselben Ladung eines Blättchens ein kleinerer Ausschlag erhalten wird als bei 2.

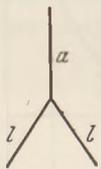


Fig. 3 a.

Eine der früheren ähnliche Integration führt zu dem Zusammenhang:

$$Q = l\sqrt{G} \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 + \sin \alpha - \frac{a + l - \sqrt{a^2 + l^2 + 2al \cos \alpha}}{l}}}$$

Bemerkenswert ist, daß die obere Grenze des Meßbereiches hier kleiner als 90° ist; am kleinsten, nämlich etwa 50° 10', wenn die Stange unendlich lang wäre. Je kürzer die Stange, desto mehr geht der Meßbereich bis 90° heran, doch wird dieser Wert erst bei $a = 0$ erreicht (Fall 2). Für die Konstruktion von Blättchenelektroskopen ergibt sich daraus die Regel, daß die Stange möglichst kurz im Verhältnis zur Blättchenlänge sein soll.

Wenn die Länge der Stange gleich jener der Blättchen ist ($a = l$), ergibt sich die einfachere Funktion:

$$Q = l\sqrt{G} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sqrt{2} \sqrt{1 + \sin \alpha - 4 \cdot \sin^2 \frac{\alpha}{4}}}$$

deren Veränderung die Kurve der Fig. 3 b und folgende Tabelle zeigt:

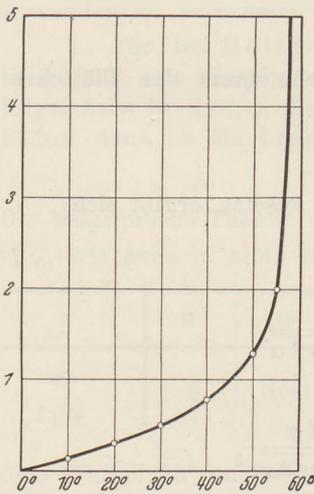


Fig. 3 b.

α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
$\frac{Q}{l\sqrt{G}}$	0	0,135	0,297	0,498	0,778	1,29	∞

Größere Ausschläge als 60° können hier nicht erhalten werden.

4. Elektroskope mit einer festen vertikalen Stange, an deren Ende ein Blättchen drehbar befestigt ist (Fig. 4 a). Der Einfachheit halber seien die

festen Stange und das bewegliche Blättchen gleich lang angenommen. Ist wieder G das Gewicht und Q die Ladung dieses Blättchens, so errechnet sich der Zusammenhang:

$$Q = l \sqrt{G} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{1 + \sin \frac{\alpha}{2}},$$

dargestellt durch die Kurve der Fig. 4 b und die Tabelle:

α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$\frac{Q}{l \sqrt{G}}$	0	0,091	0,189	0,290	0,396	0,509	0,612	0,720	0,824	0,924
$\frac{\Delta Q}{\Delta \alpha}$	0,0091	0,0098	0,0101	0,0106	0,0113	0,0112	0,0108	0,0104	0,0100	0,0094

α	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
$\frac{Q}{l \sqrt{G}}$	1,018	1,106	1,184	1,252	1,308	1,353	1,388	1,410	1,414
$\frac{\Delta Q}{\Delta \alpha}$	0,0088	0,0078	0,0068	0,0056	0,0045	0,0035	0,0022	0,0004	

Dieses Elektroskop nimmt unter den andern eine Sonderstellung ein. Einmal entspricht dem Winkel 90° nicht eine unendlich große Ladung, sondern der endliche Wert $0,924 l \sqrt{G}$; dann wächst bei noch größeren Ladungen der Ausschlag über 90°, bis mit 180° die größte Ladung $= 1,414 l \sqrt{G}$ angezeigt wird, die das Instrument noch zu messen gestattet.

Auch hinsichtlich der Empfindlichkeit verhält sich dieses Elektroskop anders, und zwar vorteilhafter

als die übrigen. Da bei 0° $\frac{dQ}{d\alpha} = \frac{l \sqrt{G}}{2} \cdot \frac{\pi}{180}$, also unter sonst gleichen Verhältnissen $\sqrt{2}$ mal so klein wird wie im Falle 2, ist es für kleine Ladungen empfindlicher. Diese Empfindlichkeit bleibt, wie aus der Kurve der Fig. 4 b und der obenstehenden Tabelle zu ersehen ist, etwa von 0° bis 110°, also über den halben Meßbereich ziemlich konstant, um von da ab bis 180° dann noch größer zu werden. Diese Eigenschaft läßt diese Elektroskope sehr geeignet für Messungen erscheinen, besonders wenn etwa noch das bewegliche Blättchen auswechselbar gemacht ist, so daß es durch andere mit größeren oder kleineren Werten der Konstanten $l \sqrt{G}$ ersetzt werden kann¹.

5. Elektroskope mit fester vertikaler Stange von der Länge $2l$, in deren Mitte ein Blättchen von der Länge l drehbar ist (z. B. KOLBESCHES

¹ Nach Niederschrift dieses Aufsatzes finde ich, daß P. SZYMANSKY in dieser Zeitschrift 4, 60; 1890 ein solches Elektrometer angegeben hat. Doch vertritt dort der Verfasser die Meinung, daß für 180° eine „ungemein starke Ladung“ nötig sei und stellt deswegen dem beweglichen Blättchen ein halbkreisförmig gebogenes Blech gegenüber, das mit seiner entgegengesetzten Influenzladung das Heben des Blättchens erleichtern soll. Nach obiger Rechnung, die durch Versuche an einem Elektrometer des Typs 4 bestätigt wurden, ist das aber nicht nötig, da dem Ausschlag 180° nur die 1,4fache Ladung bei 90° entspricht, und weil andererseits die Empfindlichkeit zwischen 90° und 180° ohnehin schon größer ist als zwischen 0° und 90°. Die Firma M. Kohl in Chemnitz hat ein Elektrometer nach den Angaben SZYMANSKYs gebaut.

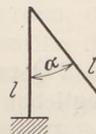


Fig. 4 a.

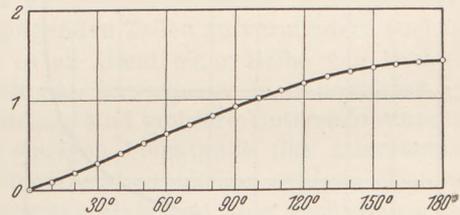


Fig. 4 b.

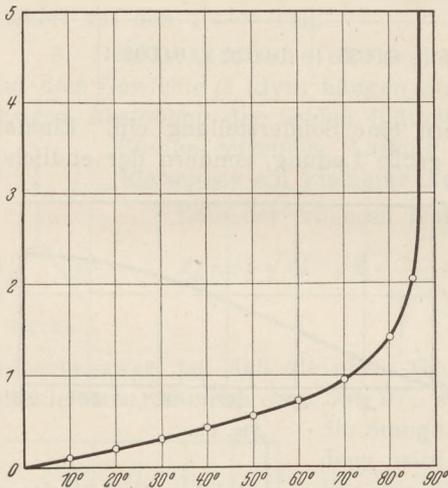
Elektroskop; Fig. 5 a). Die Ausrechnung führt hier für die Ladung Q des beweglichen Blättchens zu dem Ausdruck:

$$Q = l\sqrt{G} \cdot \frac{\sin \alpha}{2\sqrt{2} \sqrt{\sin\left(45 - \frac{\alpha}{2}\right)}}$$

α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$\frac{Q}{l\sqrt{G}}$	0	0,091	0,190	0,298	0,416	0,555	0,716	0,948	1,412	∞

Auch diese Eichkurve (Fig. 5 b) verläuft bei 0° nicht horizontal; für 90° wird der Funktionswert unendlich groß. Die Empfindlichkeit ist bei 0° dieselbe wie bei 4, nimmt aber dann ständig ab. Nur etwa bis 50° hält sich seine Empfindlichkeit in den Grenzen des Elektroskops 4.

Fig. 5 a.



6. Elektroskope mit einer festen Stange $2l$, um deren Mittelpunkt ein beweglicher Zeiger von der Länge $2l$ in seinem Mittel drehbar ist (z. B. BRAUNSCHEs Elektrometer; Fig. 6 a). Der Schwerpunkt S des beweglichen Zeigers liege d cm unter dem Drehpunkt, was bei vielen Übungsinstrumenten durch Anbringen einer Ableseschneide aus Glimmer am unteren Ende des Zeigers erreicht wird. In diesem Fall ist:

$$Q = \sqrt{\frac{G \cdot d \cdot l}{2\sqrt{2}}} \cdot \frac{\sin \alpha}{\sqrt{\sin\left(45 - \frac{\alpha}{2}\right)}}$$

wo $2Q$ und $2G$ Ladung und Gewicht des beweglichen Zeigers bedeuten.

Die Eichkurve hat dieselbe Form wie die der Instrumente vom Typ 5, nur sind die Ordinaten im Verhältnis $\sqrt{\frac{2d}{l}}$ verkleinert, so daß die Empfindlichkeit im selben Maß vergrößert

ist. (Für $d = \frac{l}{2}$ geht der Ausdruck natürlich in jenen des Typs 5 über.) Je kleiner

Fig. 5 b.

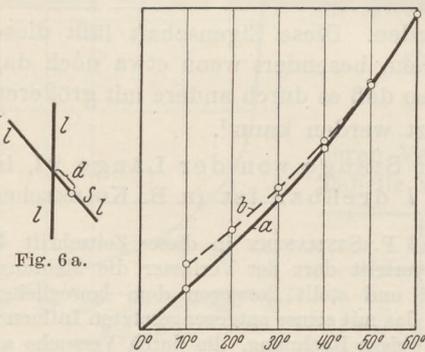


Fig. 6 a.

Fig. 6 b.

also $\sqrt{\frac{2d}{l}}$, d. h. je näher der Schwerpunkt am Drehpunkt liegt, um so größer ist die Empfindlichkeit. Würde der Konstruktionsgedanke möglichst kleinen Schwerpunktsabstandes auf Elektroskope von Typ 4 angewendet, so ergäbe sich ein Instrument, das sowohl die große Empfindlichkeit des zuletzt besprochenen hätte als auch den Vorteil des Typs 4, gleich empfindlich für den größten Teil des Meßbereiches zu sein. Das ergäbe dann ein sehr zweckmäßiges Schülerübungsinstrument.

Einen Anhalt dafür, wie bei 6 die praktischen Werte von den theoretischen abweichen, gibt schließlich noch Fig. 6 b für ein BRAUNSCHEs Elektrometer. Die Abweichung fällt bei kleineren Winkeln relativ stärker ins Gewicht.

Zum Schlusse noch eine Zusammenstellung der besprochenen Elektroskoptypen mit Angabe von Abmessungen, wie sie an Instrumenten gefunden wurden:

	G (dyn)	l (cm)	d	$l\sqrt{G}$	Größter Ausschlag	
1. Hollundermarkdoppelpendel	40	4		25	90°	
2. Blättchendoppelpendel \wedge	1	5		5	90°	
3. Blättchenelektroskop \sphericalangle	1	5		5	50°–90°	
4. Elektroskop der Form \downarrow	20	9		40	180°	Papierzeiger
5. KOLBESches Elektrometer \sphericalangle	6	4,5		11	90°	Aluminium
6. BRAUN'Sches Elektrometer	50	6	0,1	7	90°	Strohhalme- zeiger

Die Bildung der Steinsalz- und Kalilager und ihre Behandlung im chemischen Unterricht.

Von Wolrad Schotten in Itzehoe.

Ein Kapitel, das wegen seiner wirtschaftlichen Bedeutung im chemischen Unterricht der höheren Schulen nicht allzu kurz behandelt sein sollte, ist die Bildung der Steinsalz- und Kalilager.

Leider sind die Schwierigkeiten, dieses Thema mit den Schülern anschaulich durcharbeiten, recht erheblich. Vorzügliche Methodiken und chemische Lehrbücher lassen den Lehrer zurzeit noch völlig im Stich, wenn er den Willen hat, die Bildungstheorien durch geeignete Versuche zu erläutern.

Diesen offenbaren Mangel wollen die nachfolgenden Zeilen zu vermindern suchen. In ihnen soll ein Weg angegeben werden, der es an Hand einer Reihe von leichten Schülerversuchen ermöglicht, die Theorien durch das Experiment zu unterstützen.

Zur Vorbereitung und Durchführung des Themas sind mehrere Unterrichtsstunden notwendig. Den Ehrgeiz, in womöglich einer einzigen Lehrstunde das interessante Kapitel abhandeln zu wollen, sollte man selbst auf Anstalten mit nur wenigen Chemiestunden nicht haben. Die Ausführung und Auswertung einfacher, aber doch eindrucksvoller Handversuche stellt gerade hier den Schülern Denkaufgaben und hilft ihnen zu fester haftendem Wissen, als purer Lernstoff und theoretische Erkenntnis allein es tun.

Um die Schüler auf die Bildungsmöglichkeiten der Steinsalz- und Kalilager hinzuleiten, wird man wohl meist an die verschieden hohen Salzgehalte der Meere anknüpfen. Sie zeigen, daß im Durchschnitt alle offenen Meere (Ozeane) nahezu gleiche Salzmen gen enthalten. Sie zeigen, daß geschlossene oder fast geschlossene Meere und Seen mehr oder minder große Quantitäten Salz aufweisen, je nachdem, ob der Zufluß zu ihnen größer ist als ihre Verdunstung oder geringer (Totes Meer, Ostsee). Sie zeigen in Einzelfällen sogar die beginnende Bildung fester Salzlager selbst.

Alles dies zeigen sie! Den Schülern aber, die diese Zahlen und Tatsachen sämtlich hinnehmen müssen, geben wir Steine statt Brot, wenn wir die mitgeteilten Messungsergebnisse nicht durch Experimente, am besten Schülerexperimente, unterstützen und deutlich machen.

Der Weg über den Versuch zur Theorie ist also gegeben. Die Frage ist nur: Welche Untersuchungen sind in diesem Falle für Schülerübungen beziehungsweise zur demonstrativen Darbietung geeignet? Verfasser geht folgenden Weg.

In einer Stunde ist die Löslichkeit verschiedener Salze eingehend besprochen, und dazu sind nachfolgende Versuche durch Schüler ausgeführt.

7 g Natriumchlorid werden in 10 cem Wasser von Zimmertemperatur (etwa 10° C) gegeben und kräftig einige Zeit umgeschüttelt. Mit je 7 g Kaliumchlorid und wasserhaltigem Calciumsulfat wird ebenso verfahren.

In allen Fällen löst sich nicht die gesamte Salzmenge auf. Um klare Lösungen zu erhalten, filtrieren die Schüler alle Flüssigkeiten.

Je ein Tropfen des wasserklaren Filtrats wird auf einer Glasplatte recht vorsichtig, um Springen zu verhüten, eingedunstet und so gezeigt, daß Teile der festen Salze in Lösung gehen.

Alle Versuche werden nun quantitativ durchgeführt und zwar so, daß 7 g Salz auf Apothekerwagen genau abgewogen und in 10 ccm destilliertem Wasser soweit als möglich gelöst und die Lösungen an der Saugpumpe durch gewogene Papierfilter gesaugt werden. Um die ungelösten Salzurückstände möglichst quantitativ auf die Filterplatte zu bekommen, werden die Reagenzrohre mit dem Daumen verschlossen, geschüttelt und eine Zeitlang mit der Öffnung nach unten gehalten. So wird erreicht,

Tabelle.

Salz	Temp. °	Gelöste Menge	Theoretische Menge	Fehler %
NaCl	20	3,48	3,60	- 3,3
„	25	3,64	3,61	+ 0,8
„	25	3,58	3,61	- 0,8
„	30	3,57	3,63	- 1,6
„	35	3,61	3,65	- 1,1
„	40	3,51	3,66	- 4,2
„	40	3,60	3,66	- 1,6
„	45	3,62	3,68	- 1,6
„	50	3,62	3,70	- 2,2
KCl	20	3,45	3,47	- 0,5
„	25	3,67	3,60	+ 2,0
„	30	3,75	3,74	+ 0,3
„	35	4,08	3,87	+ 5,0
„	35	3,89	3,87	+ 0,5
„	40	4,02	4,01	+ 0,2
„	45	4,12	4,14	+ 0,5
„	50	4,22	4,28	- 1,5

daß fast alle Salzteilchen sich auf dem Daumen absetzen und bei plötzlicher Öffnung des Reagenzrohres auf die Filterplatte der Porzellannutsche gespült werden. Auf die letzten im Rohr klebenden Reste wird keine Rücksicht genommen, und die spätere Auswertung der Versuche ergibt Resultate, die mit denen der Theorie in genügender Übereinstimmung sind. Die trocken gesaugten Filterrückstände werden auf einer Heizplatte einige Zeit getrocknet und gewogen.

Verfasser gibt hier eine Reihe von Versuchsergebnissen an, die in der angegebenen Weise gewonnen wurden. Sie sollen Auskunft geben über die Genauigkeit

der Arbeitmethode. Die Ergebnisse sind in obiger Tabelle so zusammengestellt, daß die erste Spalte die Salzbezeichnung, die zweite die Lösungstemperatur, die dritte die gelöste Salzmenge und die vierte endlich die entsprechende theoretische Salzmenge angibt. — Als Lösungstemperatur gilt die im Reagenzrohr gemessene Temperatur, vermindert um 5° C, um der Abkühlung beim Durchsaugen durch die Filterplatte Rechnung zu tragen.

Die Filterplatte soll nicht zu groß sein, damit das Filter selbst nicht allzuviel Lösung festhält und so die Genauigkeit der Untersuchung zu stark beeinträchtigt. Bei der Filtergröße 5 cm werden nach dem Absaugen der Salzlösung im Durchschnitt 0,34 g Lösung zurückgehalten, wie das nachstehende Wägungsprotokoll zeigt. Dies ist wahllos aus einer Reihe von etwa 30 Protokollen herausgegriffen. Durch die Kapillarwirkung des Filters werden die Salzmengen der filtrierten Lösungen etwas zu niedrig gefunden. Da der Fehler für alle Wägungen nahezu gleich groß ist und im Durchschnitt 1,6 v. H. beträgt, kann man ihn zugunsten der Schnelligkeit und Übersichtlichkeit des Verfahrens vernachlässigen.

Wägungsprotokoll.

Temperatur im Reagenzrohr 40°.	Temperatur 35°.	Angewandte Salzmenge 7,00 g.
Filter + KCl, naß	3,30 g	
Filter + KCl, trocken	3,07 g	
Filter leer	0,19 g	
<u>KCl, naß</u>	<u>3,13 g</u>	7,00
<u>KCl</u>	<u>2,92 g</u>	- 2,92
Differenz	0,23 g	<u>4,08 = gelöste Menge (s. o.)</u>

Wenn man die Versuchsergebnisse graphisch darstellt, so erkennt man augenfällig, daß die Versuchsfehler fast durchgängig in der gleichen Richtung und Höhe auftreten. Die experimentell ermittelten Kurven verlaufen nahezu parallel zu den in den Lehrbüchern angegebenen Lösungskurven. Für die Besprechung im Unterricht genügen solche „relativen“ Lösungskurven vollauf. Absolute Kurven lassen sich im Unterricht experimentell nur unter sehr großem Zeitaufwand herstellen. Sie bieten den Schülern nicht mehr als die relativen Kurven, so daß man auf die absoluten verzichten kann.

Zur Bestimmung der Löslichkeit des Gipses wird zweckmäßig in einer zweiten Stunde wie folgt verfahren.

Ein Stück Marienglas wird sauber abgewaschen, mit Filtrierpapier gut abgetrocknet und einige Augenblicke auf eine dünne Glasplatte gelegt, die einige Male durch die Flamme gezogen und so erwärmt war.

Es wird sodann gewogen und zwar so genau, als die Empfindlichkeit der Apothekerwaage es nur irgend zuläßt, d. h. möglichst bis auf 0,005 g.

Im Reagenzglas wird das Stück mit 10 ccm destilliertem Wasser übergossen und 7 Minuten vorsichtig, aber gut umgeschüttelt. Die entstandene Lösung gießt man in ein Becherglas ab.

Das Marienglas wird mit Filtrierpapier abgetrocknet, wiederum einige Augenblicke auf die frisch durch die Flamme gezogene Glasplatte gelegt und sodann zurückgewogen.

Man bestimmt die Löslichkeit für die gleichen Temperaturgrade wie für NaCl und KCl und stellt sie tabellarisch zusammen.

Die Fehler dieser Bestimmungsmethode sind, prozentual ausgedrückt, außerordentlich groß, wie die folgenden Wägungsprotokolle zeigen. Die gefundene Löslichkeitskurve jedoch ist in genügender Übereinstimmung mit der theoretischen, so daß man die hier angegebene Methode für Schülerübungen mit Erfolg verwenden kann.

Ein besonderer Vorteil dieser Methode besteht darin, daß die Rückwägungswerte gleichzeitig die Anfangswerte für die folgende Bestimmung bilden, so daß man bei der zweiten und den folgenden Bestimmungen je eine Wägung spart.

Wägungsprotokolle.

1.	2,50 g $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ <u>2,48 g zurückgewogen</u> 0,02 g in Lösung 10 ccm H_2O bei 20°, theoretischer Wert 0,026
2.	<u>2,46 g zurückgewogen</u> 0,02 g in Lösung 10 ccm H_2O bei 25°, theoretischer Wert 0,027
3.	<u>2,44 g zurückgewogen</u> 0,02 g in Lösung 10 ccm H_2O bei 30°, theoretischer Wert 0,027
4.	<u>2,43 g zurückgewogen</u> 0,01 g in Lösung 10 ccm H_2O bei 35°, theoretischer Wert 0,027
4. Kontrolle	<u>2,41 g zurückgewogen</u> 0,02 g in Lösung 10 ccm H_2O bei 35°, theoretischer Wert 0,027
5.	<u>2,38 g zurückgewogen</u> 0,03 g in Lösung 10 ccm H_2O bei 40°, theoretischer Wert 0,027
6.	<u>2,36 g zurückgewogen</u> 0,02 g in Lösung 10 ccm H_2O bei 45°, theoretischer Wert 0,027
7.	<u>2,33 g zurückgewogen</u> 0,03 g in Lösung 10 ccm H_2O bei 50°, theoretischer Wert 0,027.

Mittlerer Fehler 20 bis 30%! (Hauptsächlich aus der zu geringen Empfindlichkeit der Apothekerwaage erklärbar. Graphische Darstellung in Fig. 1.)

Will man die Löslichkeit des NaCl und KCl für höhere Temperaturen als 50° bestimmen, so verfährt man in Anlehnung an L. DOERMER wie folgt. Man erwärmt

eine Salzlösung mit Bodensatz im Wasserbad auf die gewünschte Temperatur und hält diese unter Umrühren einige Zeit. Dann gießt man schnell von der klaren, gesättigten Lösung in ein Reagenzglas, das bei 10 ccm Inhalt eine deutliche Markierung trägt. Man kühlt die Lösung unter der Wasserleitung auf 20° ab, verschließt das Rohr mit dem Daumen und verfährt sonst genau so wie bei den vorher ausführlich beschriebenen Lösungsbestimmungen. Zu den gefundenen Werten addiert man nun noch den zu 20° gehörenden, theoretischen Lösungswert des betreffenden Salzes.

Die Ergebnisse halten sich in den gleichen Fehlergrenzen, wie die Bestimmungen der Löslichkeit für die Temperaturen 20° bis 50°. Der Fehler beträgt etwa 1,5 v. H. Die Methode ist für Schülerübungen wegen ihrer Übersichtlichkeit, Schnelligkeit sowie relativ hohen Genauigkeit gut geeignet.

Für Gips modifiziert man wiederum so, daß man das Marienglasstück (dünne, große Platten nehmen, damit die Oberfläche möglichst groß ist!) vor und nach der Lösung wägt. Die Lösung stellt man durch mindestens 7 Minuten langes Halten der

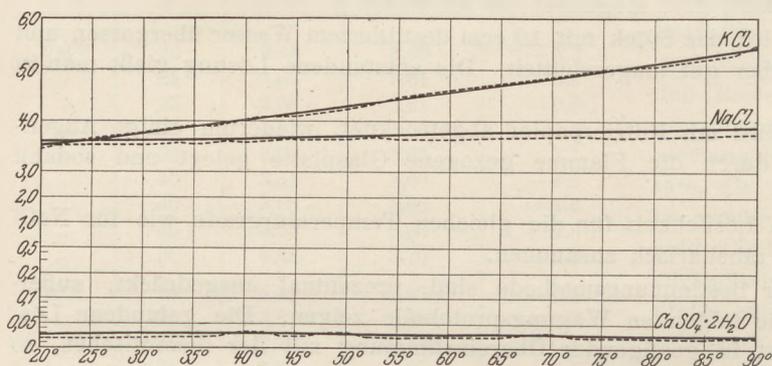


Fig. 1. Löslichkeitskurven für NaCl, KCl und CaSO₄ · 2H₂O.
— theoretischer, - - - - - ermittelter Verlauf.

Temperatur im Wasserbad her.

Die Methodenfehler sind ebenso groß wie bei den früher genannten Gipsbestimmungen. Verfasser glaubt, daß man auf die Bestimmung der Löslichkeit für Temperaturen oberhalb 50° im Rahmen dieses Themas verzichten kann.

Die nächste Stunde dient der Auswertung

der ermittelten Löslichkeitskurven und bringt folgende Schülerversuche. Zu 100 ccm gesättigter Gipslösung werden 4 g NaCl und 2 g KCl gegeben. Die klare Lösung wird mit Eisenchlorid unter Zusatz von einem bis zwei Tropfen starker Salzsäure auf einen schwachen, zitronengelben Ton gefärbt. Von dieser Lösung erhält jeder Schüler einige Kubikzentimeter und dampft einen oder mehrere Tropfen vorsichtig auf tunlichst waagrecht gehaltener Glasplatte bis zur Trockne ein. Er betrachtet den Rückstand zunächst mit bloßem Auge, alsdann mit der Lupe bzw. dem Mikroskop.

Die Platten zeigen drei deutlich voneinander getrennte Kristallisierungszonen, die durch verschiedene Kristallformen in konzentrischen Ringen und Flächen charakterisiert sind. Von außen nach innen gesehen, lassen sich eine bis mehrere feine Gipslinien wahrnehmen (oft dunkelbraun), die mitunter von derben Ringen aus Kochsalz überlagert sind, und eine fein kristalline Mittelfläche von Kaliumchlorid. Die Schichten werden bei mikroskopischer Betrachtung leicht einzeln erkannt. An besonders guten Platten, die projiziert werden, wird die Reihenfolge der Ausscheidungen erläutert und zu der Löslichkeit der verschiedenen Salze in Beziehung gesetzt.

Während die besprochenen Versuche ausgeführt werden, läßt man aus einem Tropftrichter einen Teil der vorhin angegebenen Salzlösung ganz langsam seitlich in eine beheizte Porzellanschale tropfen. Jeder Tropfen soll augenblicklich fast zur Trockne verdampfen. Man reguliert den Zulauf der Salzlösung derart, daß sich in der Porzellanschale im Laufe einiger Minuten ein kleiner, kochender Salzsee bildet. Da die verkochende Lösung stark spritzt, dreht man die Porzellanschale während des Zutropfens der Salzlösung so herum, daß alle aufgetrockneten Spritzer wieder gelöst und der Schalenmitte zugeführt werden.

Nach kurzer Zeit zeigt sich in der kochenden Lösung eine deutliche Abscheidung von dunkelbraun gefärbtem Gips. Bei weiterer Erhitzung scheidet sich sodann ein derber Ring gelbgefärbten Kochsalzes aus. Durch Kapillarwirkung breitet sich dieser Kochsalzring nach allen Schalenseiten hin stark aus und kriecht in die Höhe. Läßt man jetzt die Schale abkühlen und keine Salzlösung mehr nachtropfen, so scheidet sich während der Abkühlung das Kaliumchlorid in der Schalenmitte nahezu farblos aus.

Zur Erläuterung sei hier eingefügt, daß die verschieden starke Gelbbraunfärbung der einzelnen Zonen auf einer Zersetzung von Eisenchlorid in der Hitze und bei zunehmender Konzentration der Salzlösung beruht. Die Färbung besteht aus Eisenhydroxyden und ist deshalb so besonders günstig zur Verdeutlichung der einzelnen Kristallzonen, weil die verschiedenen Salze die Oxydbildung verschieden beeinflussen.

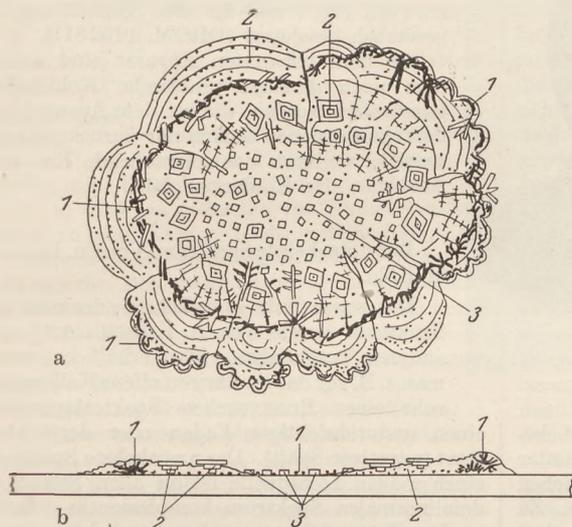


Fig. 2.

a Glasplatte mit eingedunstetem Tropfen von oben.
b Glasplatte mit eingedunstetem Tropfen seitlich.
1 Gips, 2 Kochsalz, 3 Chlorkalium.

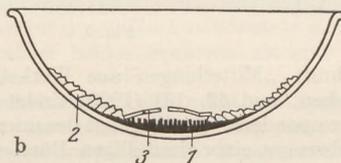
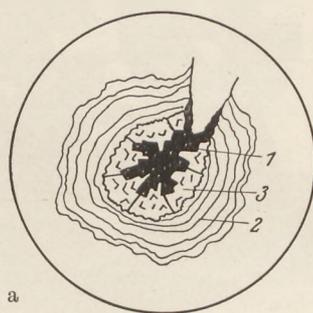


Fig. 3.

a Porzellanschale mit eingedunsteter Lösung von oben. b Porzellanschale mit eingedunsteter Lösung seitlich.
1 Gips, 2 Kochsalz, 3 Chlorkalium.

Außerdem beruhen die Farbtöne der natürlich vorkommenden Steinsalz- und Kalisalzmineralien zum weitaus größten Teil ebenfalls auf der Anwesenheit von Eisenchloriden bzw. Eisenoxyden.

Die Schüler erkennen unschwer die Übereinstimmung aller Abdampfversuche, bei denen die Kristallisation bis zur Trockne getrieben wird, und sehen, daß bei unvollständiger Verdampfung die am leichtesten löslichen Kalisalze fast ausschließlich in Lösung bleiben.

Zur Veranschaulichung des Beobachteten werden nunmehr einige Tafelzeichnungen angefertigt, die erstens den eingedunsteten Tropfen auf der Glasplatte von oben gesehen und im Schnitt zeigen (Fig. 2a und 2b), zweitens die Ausscheidungen in der Porzellanschale in gleicher Weise darstellen (Fig. 3a und 3b).

Die Vergleichung geologischer Salzlagerprofile mit den Versuchsergebnissen (Tafelzeichnungen) läßt erkennen, daß zur Erklärung der hangenden Gips- oder Anhydritschicht, die die Salzlager bedeckt, mehrere Salzausscheidungen im Sinne der durchgeführten Abdampfversuche nötig waren. Die letzte, oberste Gips- (Anhydrit-)lage ist entweder durch unvollständige Verdunstung großer Meere oder aber durch Wiederauflösung der Kalium- und Natriumsalze restlos ausgetrockneter Ozeane zu erklären. Für die Auswertung der Handversuche ist es belanglos, ob man Anhänger der „Seebecken —“ oder der „Barrentheorie“ ist.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Neuer Versuch mit dem „Unterrichtsapparat für praktische Dynamikunde“. Von Studienrat J. SIEBER in Schwäbisch-Gmünd.

Der von F. ALLMENDINGER hergestellte Apparat ist in dieser Zeitschrift 30, 50 (1917) in dem

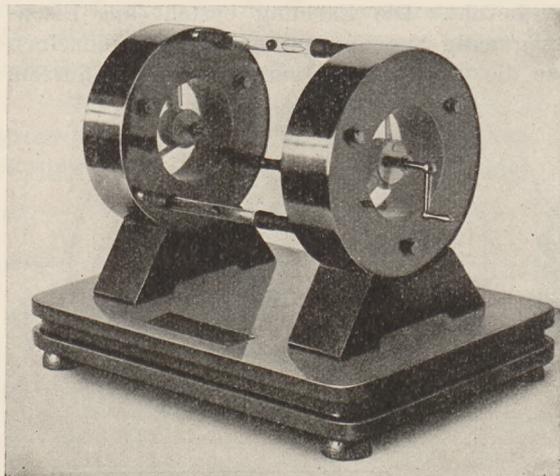


Fig. 1.

Abschnitt „Mitteilungen aus Werkstätten“ beschrieben, und 42, 131 (1929) findet sich unter „Korrespondenz“ das Angebot des unentgeltlichen Nachbezuges einer dreiteiligen Bürstenbrille. Zu den mit der Vorrichtung ausführbaren Versuchen sei der folgende hinzugefügt:

des Motors getrieben oder zurückgesaugt, was besonders schön durch eine in dem Glasrohr hin und her laufende Kugel sichtbar gemacht wird. Die Begriffe Ein-, Zwei- und Dreiphasenstrom, Periode, Frequenz, Drehfeld, Kraftübertragung durch Wechselstrom usw. können mit der Apparatur anschaulich erläutert und verständlich gemacht werden. Der Urheber hat für diese Versuchsanordnung auch ein Einzelmodell herstellen lassen, das sehr viel billiger ist (vgl. Fig. 1 und 2). Die Vorrichtung ist gesetzlich geschützt (DRGM. 1152811).

Zu dem genannten Apparat sind außerdem noch äußerst praktische Kohlehalter konstruiert worden, die bei dem Auswechseln der verschiedenen Anker nur zurückgeklappt werden, wodurch das zeitraubende Ein- und Ausbauen der Kohlen wegfällt.

Das umgekehrte Spektrum. Von CH. BACHEM in Köln.

Das sogenannte umgekehrte oder negative Spektrum wurde von A. KIRSCHMANN¹ und anderen beschrieben. Man erhält es, wenn man z. B. vor das im übrigen offene Kollimatorrohr eines BUNSENSchen Spektralapparates einen undurchsichtigen Faden oder dergleichen setzt (negativer Spalt). Das umgekehrte Spektrum einer weißen Lichtquelle ist an allen Stellen zu dem normalen Spektrum komplementär gefärbt.

Das Zustandekommen des umgekehrten Spektrums und auch der sogenannten Kantenspektren

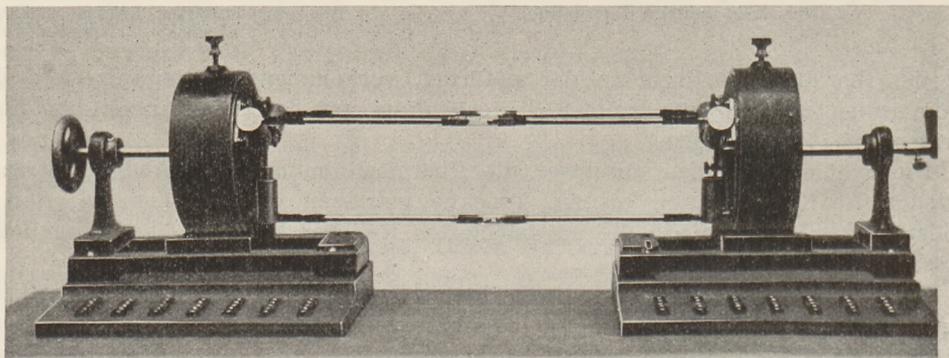


Fig. 2.

An Stelle der Polschuhe werden Pumpen eingebaut, und zwar bei der Erläuterung des einphasigen Wechselstroms — beim Generator und Motor — je eine, beim zweiphasigen je zwei und beim dreiphasigen jeweils drei Stück. Je eine Pumpe des Generators wird unter Verwendung einer Glasröhre und eines Gummischlauchstückes mit der entsprechenden Pumpe des Motors verbunden. Wird der Generator angetrieben (von Hand oder mit der Maschine), so wird durch dessen Pumpe Luft durch die Glasröhre zu der Pumpe

wird vielfach mißverstanden. Es wird sogar — wie im Goethejahr verständlich — zu scheinbaren Beweisen für die GOETHESche Farbenlehre mißdeutet. Es ist daher vielleicht angebracht, statt der bisher allein vorliegenden Teilerklärungen²

¹ Physik. Z. 1917, 195 f.; Z. Instrumentenkunde 1924, 173; Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, herausgeg. von E. ABDERHALDEN, A VI, 1927.

² Siehe z. B. P. HANCK, ds. Zeitschr. 29, 257 (1916).

die Erscheinungen im Zusammenhange darzustellen.

1. Das Auftreten von Komplementärfarben bei den Kantenspektren.

Lenkt man das Bild eines sehr weiten Spaltes durch ein Prisma ab, so erhält man bei weißem Licht ein Spaltbild mit farbigen Kanten. An der einen Kante tritt rot und gelb mit Übergang zu weiß auf, an der anderen violett-blau meergrün in weiß übergehend.

Das Zustandekommen der farbigen Säume ergibt sich aus der verschiedenen Brechbarkeit der im weißen Licht enthaltenen Spektralfarben.

Das durch die violetten Strahlen erzeugte Bild des Spaltes wird stärker abgelenkt als das rote (Fig. 1). Die Zwischenfarben sind weggelassen.

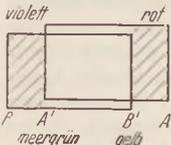


Fig. 1.

Läßt man die Regel gelten: Alle Spektralfarben, vermindert um eine Farbe (Farbengruppe), ergeben die Komplementärfarbe der fehlenden Farbe, so wird das Auftreten von Komplementärfarben an den Kanten leicht verständlich. An der Stelle A' z. B., wo meergrün in weiß übergeht, fehlt nur das Rot, während bei A rot ausschließlich vorhanden ist. A und A' erscheinen komplementär gefärbt. Entsprechend fehlt bei B' nur das bei B allein vorhandene Violett, daher haben wir hier gelb usw.

2. Die umgekehrten Linienspektren.

A. KIRSCHMANN gab eine Beschreibung solcher Spektren. Er zeigte ein Heliumspektrum mit negativem Spalt, wobei er die leuchtende Kapillare so aufstellte, daß sie wie ein grober gewöhnlicher Spalt wirkte. Er erhielt dann ein Spektrum mit breiten Heliumlinien, die an den Stellen, wo im normalen Spektrum die betreffende Linie auftritt, eine dunkle Stelle zeigten, nämlich das jeweilige Schattenbild des negativen Spaltes. Stellt man die Lichtquelle so auf, daß sie nicht mehr als Spalt wirkt, sondern möglichst das ganze Gesichtsfeld ausleuchtet, so ändert das negative Spektrum sein Aussehen. Es erscheinen jetzt auf gleichmäßig hellem Untergrunde dunklere Linien genau an den Stellen, wo auch solche im normalen Spektrum auftreten. Sie zeigen aber eine andere Farbe als diese, bei Helium z. B. etwa die Komplementärfarbe. Bei leuchtenden Metallsalzflammen als Lichtquelle wurde die analoge Erscheinung von A. KIRSCHMANN beschrieben. Das Zustandekommen dieser farbigen Linien ist einfach zu erklären.

Im gewöhnlichen Spektrum erhalten wir für jede Spektralfarbe an einer bestimmten Stelle ein Spaltbild entsprechend der Ablenkung der betreffenden Farbe durch das Prisma.

Im umgekehrten Spektrum erhalten wir für dieselbe Spektralfarbe an derselben Stelle ein Schattenbild des negativen Spaltes, d. h. eine Fehlstelle für die betreffende Farbe. Hat die Lichtquelle mehrere Spektralfarben, z. B. rot und gelb (etwa Natrium-Lithiumlicht), so muß die Fehlstelle des roten Anteils von dem gelben Anteil beleuchtet werden infolge der gegenüber rot

anderen Ablenkung, während die Fehlstelle des gelben Anteils von dem roten Anteil beleuchtet wird. Das ganze übrige Gesichtsfeld (außer den Rändern) trägt die Mischfarbe von rot und gelb (s. Fig. 2).

Die gleiche Überlegung läßt sich für ein Spektrum mit beliebig vielen Linien anstellen. Man erhält dann für jede Farbe eine Fehlstelle, die eine Mischfarbe aus allen übrigen vorhandenen Spektralfarben annimmt, bei weißem Licht also die Komplementärfarbe der fehlenden zeigt. Diese Betrachtungsweise läßt sich auch auf das kontinuierliche negative Spektrum anwenden. Man kann dann die Beziehungen zwischen dem normalen und dem umgekehrten Spektrum folgendermaßen formulieren: Im normalen Spektrum liegt an einer bestimmten Stelle ein kleiner Wellenlängenbereich.

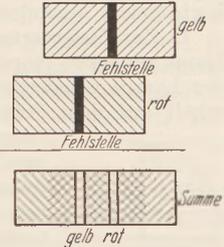


Fig. 2.

Im umgekehrten Spektrum fehlt an der entsprechenden Stelle derselbe kleine Wellenlängenbereich; alle übrigen, auch die im normalen Spektrum unmittelbar benachbarten, sind an der betreffenden Stelle vorhanden. Bei dieser Formulierung erscheint der vielfach mißdeutete Komplementärcharakter beider Spektren als eine Notwendigkeit.

Die Erscheinungen beim negativen Spektrum lassen sich also ganz einfach und ohne jeden Zwang aus der verschiedenen Brechbarkeit der Farben erklären. Die NEWTONSche Farbentheorie ist dazu besser geeignet als die GOETHESche.

Physikalisches Institut der Universität Köln.

Die Demonstration von Komplementär- und Mischfarben¹ mittels des umgekehrten Spektrums. Von E. HIEDEMANN in Köln.

Von A. KIRSCHMANN u. a.² ist darauf hingewiesen worden, daß die gleichzeitige Beobachtung eines gewöhnlichen und eines darüber liegenden umgekehrten Spektrums die sauberste Methode zur Untersuchung von Komplementärfarben ist. Statt des üblichen Spaltes verwendet man seit W. v. BEZOLD³ eine Blende von der in der nebenstehenden Fig. 1 abgebildeten Form, so daß die obere Hälfte der Blende ein normales, die untere ein umgekehrtes Spektrum liefert. Zur Demonstration der Komplementärfarben projiziert man mittels dieser Blende die beiden Spektren einer Bogenlampe.



Fig. 1.

Viel lehrreicher wird die Demonstration, wenn man eine Lichtquelle mit Linienspektrum ver-

¹ Siehe den vorstehenden Bericht von CH. BACHEM: Das umgekehrte Spektrum, S. 218.

² A. KIRSCHMANN: Physik. Z. 1917, 195 f.

³ W. v. BEZOLD, Wied. Ann. 32, 165 (1887).

wendet. Zur Projektion dürfte die ausgezeichnete Quecksilberhochdrucklampe nach A. v. HIPPEL¹ (Hersteller Schott & Gen. in Jena) am besten geeignet sein. Das sichtbare Licht dieser Lampe besteht im wesentlichen aus drei Spektrallinien — 579 orange, 564 grün, 436 violett —, welche zusammen ein grünlichweißes, auf dem Projektionsschirm aber nahezu rein weiß erscheinendes Licht ergeben. Projiziert man mittels dieser Lampe die beiden Spektren übereinander, so werden die Verhältnisse besonders übersichtlich.

1. Zur Erläuterung des umgekehrten Spektrums projiziert man unter Benutzung eines mit der Lampe gelieferten Monochromatfilters. Man erhält auf dem Schirm ein monochromatisches Ablenkungsbild der Blende, oben eine helle Linie — Spaltbild — unten einen dunklen Strich auf hellem Grunde, die Fehlstelle im umgekehrten Spektrum².

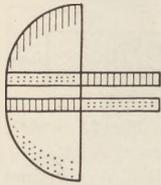


Fig. 2.

2. Man vertauscht das Monochromatfilter gegen ein gelbgrünes Filter, das die beiden Spektrallinien 579/546 durchläßt, das violette Licht aber

hinreichend absorbiert. Jetzt erscheinen die beiden durchgelassenen Spektrallinien im umgekehrten Spektrum vertauscht. Die Bilder der Blende überdecken sich zum größten Teil und erscheinen in der Mischfarbe der beiden Spektrallinien. An den Rändern sind sie dagegen einfarbig (s. Fig. 2). Die Wirkung der Fehlstelle ist damit deutlich gezeigt.

3. Als dritten oder auch als einzigen Versuch benutzt man die Lampe ohne Filter. Da das Gesamtlicht der Lampe nahezu weiß ist, erscheinen im umgekehrten Spektrum die Spektrallinien des gewöhnlichen Spektrums in ihren Komplementärfarben. Das sichtbare Spektrum besteht aber nur aus drei Linien; daher sind die Farben, in denen die Linien des umgekehrten Spektrums erscheinen, zugleich die Mischfarben aus jeweils den beiden anderen nicht darüberliegenden Spektrallinien des gewöhnlichen Spektrums. Unter den Farben orange, grün und violett des gewöhnlichen Spektrums liegen die Farben hellgrün-blau, purpur und gelb des umgekehrten Spektrums.

Mittels dieser einfachen Versuche läßt sich also das Zustandekommen des umgekehrten Spektrums, das Wesen der Komplementärfarben und die Mischung von je zwei monochromatischen Farben zu Mischfarben demonstrieren.

Physikalisches Institut der Universität Köln.

Fermentversuche. Ein Bericht aus den chem.-biol. Übungen. Von MAX SCHNEIDER in Plauen, Vogtland.

Das Arbeiten mit Fermenten ist ein Kampf mit dem Unbekannten; denn noch immer ist

kein Ferment als reiner Stoff isoliert, noch weiß man fast nichts über ihren chemischen Bau. Nur die Wirkung kann man messen und daraus auf die Menge des Ferments Schlüsse ziehen, wobei Proportionalität zwischen beiden Größen postuliert wird. Trotz aller voraussehbaren Schwierigkeiten ist es möglich, man kann sogar sagen, leicht möglich, fermentative Zersetzungen verfolgen zu lassen, wobei nur Reihenversuche in Frage kommen. Diese für die physiologische und Kolloidchemie charakteristische Methode kann ich nur immer wieder — auch für rein chemische Fragen — dringend empfehlen¹. Sie hat gerade für unsere kurzen Übungsstunden den Vorteil, ohne Anwendung zeitraubender Wägungen eine ziemliche Genauigkeit zu erreichen, da ein exaktes Pipettieren rasch erlernt ist. Außerdem ist die Apparatur denkbar einfach und billig: Reagenzgläser mit Korken (oft über 50 auf einmal!), einige Bechergläser, Pipetten — von denen man nie zu viel haben kann —, und zwar zu 10 ccm in $\frac{1}{10}$ ccm geteilt und zu 2 ccm in $\frac{1}{50}$ ccm geteilt, dazu ein auf Körperwärme eingestellter Thermostat, wozu zur Not ein Trockenschrank mit einfachstem Thermoregulator und Sparbrenner benutzt werden kann. Der zu untersuchende Faktor wird in geometrischer Progression in das chemische System eingeführt, so daß jede Konzentration der n-te Teil der vorhergehenden ist. Für unsere Zwecke genügen meist Reihen mit $n = 10$, nur wenn mehr Zwischenglieder erwünscht sind, wird man eine Reihe mit $n = 2$ einschieben. Es wird nicht überflüssig sein, die Technik solcher Reihenarbeit ausführlicher zu schildern. Will man z. B. eine Zehnerreihe von Speichelverdünnungen herstellen, so füllt man das erste Reagenzglas mit 10 ccm Speichel, die folgenden mit je 9 ccm physiologischer Kochsalzlösung und hebt nun vom ersten Glas 1 ccm ins zweite, schüttelt dieses um, hebt davon 1 ccm ins dritte usw. und erhält so eine Verdünnungsreihe von 100, 10, 1, $\frac{1}{10}$ usw. Speichelprozenten. Streng genommen müßte man für n Röhren ($n-1$) trockene Pipetten zur Verfügung haben, man kann aber mit einer auskommen, wenn man nach jedem Überheben von 1 ccm dieselbe ausbläst, außen sauber abwischt und vor der nächsten Überhebung einmal hochsaugt und zurücklaufen läßt. Dieselbe Pipette benutzt man in der gleichen Weise, um 1 ccm der verschiedenen Speichelverdünnungen zu je 9 ccm einer mit physiologischer Kochsalzlösung hergestellten Stärkelösung zu geben, wobei man mit der schwächsten Konzentration anfängt. Das Ergebnis ist dann eine Reihe mit konstanter Stärke- und Salz- aber variiertem Speichelkonzentration von 10, 1, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$ usw. %. Wenn man nun schüttelt, verkorkt, mit Fettstift beschriftet und in den Brutschrank stellt (Becherglas mit Wattepolster), so hat man die erste Frage an den Speichel gestellt: bis zu welcher Speichelkonzentration wird die vorliegende

¹ W. HARRLES u. A. v. HIPPEL: Physik. Z. 33, 81 (1932).

² Siehe z. B. P. HANCK, diese Zeitschr. 29, 257 (1916).

¹ Der Naturforscher 1924, S. 86. Photochemische Eisenchloridstudien, diese Zeitschrift 39, 271 (1926).

Stärke nach 1 oder 2 Tagen — man wird die nächste Unterrichtsstunde wählen — verzuckert, was mit Jod ja leicht zu zeigen ist. So nimmt die ganze Klasse an dem Ergebnis der Arbeit zweier Kameraden teil. Auf diese Weise kann man verschieden alten oder verschieden vorbehandelten Speichel vergleichend untersuchen. Doch damit greife ich eigentlich vor, mir kam es zunächst auf eine Schilderung der Arbeitstechnik an. Die im folgenden geschilderten Untersuchungen wurden 3 Jahre nacheinander, je etwa $\frac{1}{4}$ Jahr lang, von 3 verschiedenen OI bzw. UI mit kleinen Abweichungen ausgeführt, einige Reihen habe ich selbst mit aller Genauigkeit zur Kontrolle — übrigens unnötigerweise — wiederholt, um alle Verhältnisse sicher zu beherrschen.

Versuche mit Speichel.

Mit diesem am leichtesten im nativen Zustand zu erhaltenden Ferment wurden naturgemäß die meisten Versuche gemacht. Kurz vor Schluß der Unterrichtsstunde, die auf die große Pause folgt, habe ich irgendeine Klasse antreten und durch einen großen Trichter in einen Erlenmeyer spucken lassen, wodurch bei 2 bis 3maligem Umlauf leicht etwa 20 ccm Speichelflüssigkeit erhalten werden, die von individuellen und tageszeitlichen Einflüssen auf die Sekretion weitgehend unabhängig sein dürfte. Sie wurde im letzten Jahre, wo wir über eine gute Elektrozentrifuge verfügten, 20 Minuten mit 3000 Touren ausgeschleudert, wobei die Verunreinigungen wie Schleim, Epithelfetzen, Eiterkörperchen, Bakterien usw. sich scharf absetzen. Der überstehende Speichel setzt nach Wochen und Monaten noch etwas ab, so daß er vor Gebrauch zu schütteln ist. Vergleichsreihen zeigten nach 2 Tagen eine deutliche Überlegenheit (d. i. Wirkung noch in kleineren Konzentrationen) des nichtzentrifugierten Speichels, was wohl auf teilweise Adsorption des Ferments an den ausgeschleuderten Partikeln zurückzuführen ist. Völlig unerwartet war aber der aus anderen Reihen ersichtliche Befund, daß solch zentrifugierter Speichel noch nach einem halben Jahre völlig die gleiche Wirksamkeit besitzt, d. h. in gegebener Zeit bis zur gleichen Verdünnungsstufe verzuckert wie frischer Speichel, obwohl die Aufbewahrung in verkorkten Gefäßen zwar kühl, aber ohne alle besonderen Vorkehrungen erfolgte. Die wenig ästhetische Entnahme braucht also nur 1 bis 2mal zu erfolgen.

Die Stärke wurde stets 2%ig angewandt, zuerst Kartoffelstärke, im letzten Jahr „lösliche“ Stärke, beide in ihrem Verhalten völlig gleich. Die Lösungen wurden durch Eingießen kalt verührten Pulvers in kochende Salzlösung und Zurückspülen der Reibschale für jede Übungsstunde frisch hergestellt. Die Versuche dauerten nur 2 bis 3 Tage, trotzdem zeigten sich in den verzuckerten Röhren vom zweiten Tage ab stets Schimmelwucherungen, die den gebildeten Malzucker verzehren. Da die Pilzzellen selbst stärkespaltende Fermente erzeugen, so muß für längere Versuche ihr Wachstum eingeschränkt werden.

RONA empfiehlt Toluol, und ich habe mich privatim überzeugt, daß ein Zusatz von $\frac{1}{2}$ ccm je Röhren den gewünschten Effekt hat, ohne die Amylase nennenswert zu schädigen, meist aber haben wir ohne Zusatz gearbeitet. Freies Jod färbt übrigens das Toluol rötlich, nicht aber an Stärke gebundenes Jod.

Die Prüfung der fortschreitenden Verzuckerung erfolgte mit Jod in Jodkali, und zwar durch Zusatz von je 1 Tropfen auf möglichst gleiches Volumen¹. Die Zersetzung geht über dextrinartige Produkte, die von Jod rot gefärbt werden, so daß an den Reihen Farben von Gelb über Gelbrot, Rot, Rotviolett, Blauviolett bis zum reinen Stärkeblau entstehen, welche man protokolliert. Die Färbung in derselben, zum Teil zersetzten Lösung ist von der Jodkonzentration etwas abhängig. Bekanntlich wird die Jodstärke durch höhere Temperatur reversibel zum Zerfall gebracht. Es ist aber unmöglich, eine genaue Entfärbungstemperatur anzugeben, da diese um so höher liegt, je höher die Jod- und Stärkekonzentration ist. Sind beide groß, so liegt sie über dem Siedepunkt, sind beide klein, dann unter Umständen niedriger als 40°, so daß man besser die Röhren eine Stunde vor der Prüfung aus dem Brutschrank nimmt. Wenn man dann die Jodlösung nicht zu dünn nimmt (wir hatten eine etwa $\frac{1}{10}$ n-Jodlösung), und 1 Tropfen auf höchstens 10 ccm kein Blau erzeugt, so kann man sicher sein, daß die Stärkekonzentration sicher unter $\frac{1}{100}$ % liegt. Weiterhin aber wird die Jodstärke durch Laugen zerstört, weil das Jod zu Hypojodid verbraucht wird. Natürlich kann eine bestimmte Laugenmenge nur eine bestimmte Jodmenge binden, Jodüberschuß erzeugt mit Stärke Blau. Auch aus diesem Grunde möchte die Jodkonzentration nicht zu klein sein. Bei ungepufferten Laugen (KOH) verschwindet das Stärkeblau eines Tropfens Jod pro 10 ccm bei P_{11} etwa 11, bei gepufferten Laugen schon darunter.

Der eingangs geschilderte Reihenversuch zeigt, daß nach 1 Tag 1% Speichel sicher noch alle Stärke verzuckert, 0,1% Speichel erzeugt die Jodfarbe rot-gelb, hat also weitgehend zersetzt, nach 2 Tagen ist auch von ihm alles verzuckert. Wenn also 1% Speichel nach 1 Tag die 2% Stärke noch nicht voll verzuckert hat, so ist sein Ferment irgendwie geschädigt. Bringt man z. B. Röhren mit diesen Konzentrationen an Stärke und Speichel über der freien Flamme rasch auf 50, 60, 70 usw. Celsiusgrade, hält sie im Wasserbad genau 5 Minuten auf den betreffenden Temperaturen und kühlt anschließend sofort an der Leitung, so zeigen nach 1 bis 2 Tagen alle über 60° erhitzten Röhren reines Stärkeblau, also völlige Zerstörung des Ferments. Setzt man die Stärke statt mit physiologischer Kochsalzlösung mit destilliertem

¹ Häufig empfiehlt es sich, an aufeinanderfolgenden Tagen immer nur einen Teil der ursprünglichen 10 ccm zu prüfen, das übrige aber weiter zu bebrüten. Jod schädigt die Amylase ziemlich.

Wasser an und verdünnt den Speichel ebenfalls mit destilliertem Wasser, so verzuckert zwar 1% Speichel schon nach 1 Tag, aber im Röhrchen mit 0,1% Speichel bleibt auch nach 2 Tagen die Jodfarbe blau, während mit Salz nach zwei Tagen sogar in $\frac{1}{1000}$ % noch deutliche Zersetzung

ausblieb. Nun wurden 3 Röhrchen angesetzt: siehe Tab. 2.

Die Stärke- und Speichelkonzentration ist überall die übliche (2 bzw. 1%), und doch ist die Jodfarbe nach 1 Tag verschieden. Also salzfreier Speichel hat in salzfreier Stärke nicht

Tabelle 1.

	Speichelkonzentration	1%	$\frac{1}{10}$ %	$\frac{1}{100}$ %	$\frac{1}{1000}$ %		
2% Stärke in dest. Wasser	zentrif. Speichel 2 Monate alt, ver- dünnt mit destil- liertem Wasser	gelb	blau	blau	blau	1 Tag	1.
		gelb	blau	blau	blau	2 Tage	
	zentrif. Speichel, 2 Monate alt, ver- dünnt mit NaCl	gelb	blauviolett	blau	blau	1 Tag	2.
		gelb	blauviolett	blau	blau	2 Tage	
2% Stärke in physiol. NaCl	zentrif. Speichel 2 Monate alt, verdünnt mit NaCl	gelb	gelb Stich rot	rot Stich blau	blau	1 Tag	3.
		gelb	gelb	rot	blauviolett	2 Tage	
	Derselbe + $\frac{1}{2}$ ccm Toluol/10 ccm	gelb	gelbrot	blau	blau	1 Tag	4.
		gelb	gelb	blau Stich rot	blau	2 Tage	
	zentrif. Speichel, $\frac{1}{2}$ Jahr alt, ver- dünnt mit NaCl	gelb	gelb	rot	blauviolett	1 Tag	5.
		gelb	gelb	gelb Stich rot	rot Stich blau	2 Tage	

festzustellen ist. Ich setze ein Versuchsprotokoll von 5 von mir zur Kontrolle ausgeführten Reihen her, aus dem der Einfluß des Salzgehalts, des Alters und des Toluolzusatzes deutlich hervorgeht (1 Tropfen Jodlösung pro 5 ccm): Tab. 1.

Vergleiche der Reihe 1. bzw. 2. mit 3. zeigt den Salzeinfluß; zwischen 3. und 4. den Toluoleinfluß, und aus 3. und 5. geht sogar hervor, daß der $\frac{1}{2}$ Jahr alte Speichel noch etwas

gewirkt, wohl aber bei NaCl-Gegenwart, wenn auch die volle Wirkung nativen Speichels nicht erreicht wurde. Man muß also zwischen Speichelschädigung wie durch zu hohe Temperatur und Speichelinaktivierung eben durch Kochsalzmangel scharf unterscheiden, nur letztere ist reversibel. Nur bei voller Aktivierung sind Speichel- und überhaupt Fermentversuche vergleichbar, daher das Verdünnen mit physio-

Tabelle 2.

4,5 ccm dest. Wasser + 4,5 ccm 4%ige Stärke in dest. Wasser + 1 ccm dialysierten 10%igen Speichel nach 1 Tage blau
4,5 ccm phys. NaCl + 4,5 ccm 4%ige Stärke in phys. NaCl + 1 ccm dialysierten 10%igen Speichel nach 1 Tage hellrot
4,5 ccm phys. NaCl + 4,5 ccm 4%ige Stärke in phys. NaCl + 1 ccm nicht dialysierten 10%igen Speichel nach 1 Tage gelb

besser wirkt als der nur 2 Monate alte, was auf Unterschiede in der Sekretion zurückgeführt werden muß. Das Kochsalz spielt die Rolle eines Aktivators, fehlt es, so ist die Fermentwirkung \pm aufgehoben, ohne daß es selbst geschädigt wäre; denn nachträglicher Zusatz kann es wieder zur fast vollen Wirksamkeit bringen. Um das zu beweisen, dialysierten wir in einer SCHLEICHER-SCHÜLLSchen Diffusionshülse 10%igen Speichel eine Woche unter der Leitung und eine zweite Woche bei täglichem Wasserwechsel in destilliertem Wasser mit dem Erfolg, daß die Chlorionenreaktion, die an Speichel deutlich ist,

logischer Kochsalzlösung und ihre Verwendung zur Herstellung der Stärkelösungen.

Weitere Versuche galten dem P_{H} -Einfluß auf Speichelamylase. Mit P_{H} wird bekanntlich die Reaktion des Reaktionsgemisches bezeichnet; denn P_{H} ist der negative Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration, bezüglich deren Messung auf meine frühere Arbeit in dieser Zeitschrift 42, 28 (1929) verwiesen werden muß. Der grundlegende Versuch ist folgender. Aus den von KAHLBAUM fertig bezogenen Pufferlösungen $\frac{1}{15}$ mol primäres bzw. sekundäres Phosphat wurde nach unten stehender Tabelle 3 eine Pufferreihe

steigender P_{II} gemischt, je 9 ccm davon mit je 9 ccm 4%iger Stärke verdünnt, so daß je 18 ccm 2%iger Stärke steigender P_{II} resultieren. Das Verdünnen auf doppeltes Volumen ändert erfahrungsgemäß die P_{II} eines Puffers nicht, falls seine Kapazität nicht zu klein ist, wovon man sich mit Indikatoren leicht überzeugen kann. Halbiert man diese Lösungen und setzt der ersten Reihe je 1 ccm 10%, der zweiten je 1 ccm 1% Speichel zu, so hat man zwei Reihen, in denen Stärke, Kochsalzgehalt und P_{II} übereinstimmen, die Speichelkonzentration aber 1 bzw. $\frac{1}{10}$ % beträgt. Nach einem Tag Bebrütung ist in der ersten Reihe mit Ausnahme von Nr. 12 alles verzuckert, in der zweiten zeigten sich die untenstehenden Jodfarben.

Diese neutrale 2% Stärke mit 5% Speichel zeigt auch nach mehreren Tagen keine Spur einer Zersetzung, obwohl P_{II} optimal und die Speichelkonzentration sehr hoch ist. Danach wäre die Schädigung der Amylase durch H^+ bzw. OH^- irreversibel, also eine Vergiftung, und man hat so die Möglichkeit, durch Säure oder Basenzusatz jederzeit eine laufende Stärkezerersetzung zu sistieren.

Damit kämen wir zur Untersuchung anderer Gifte, wobei wir nur etwas mit Schwermetallsalzen und Cyankali gearbeitet haben. Da sie alle durch hydrolytischen Zerfall \pm von der neutralen Reaktion abweichen, muß man die Stärkelösung besonders stark puffern, wodurch allerdings Störungen durch Niederschläge eintreten können. Der Puffer wurde dadurch gewonnen, daß wir

Tabelle 3. 2% Stärke in physiologischer NaCl; 0,1% Speichel.

etwa $\frac{1}{15}$ I Phosph.	9,7	9,5	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,5
etwa $\frac{1}{15}$ II Phosph.	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	9,5
P_{II}	5,3	5,6	5,9	6,2	6,5	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,7	8,0
Nr. des Röhrchens	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jodfarbe nach 1 Tag	blau	blauviolett	viol.	rotviolett	rotviolett	rot	gelbrot	gelbrot	gelb	rot	blauviolett	blau

Man kann also ein deutliches P_{II} -Optimum etwa beim Neutralpunkt erkennen, die Schädigung nach der alkalischen Seite ist stärker als die nach der sauren. Nach 3 Tagen ist auch hier bei 0,1% Speichel alles verzuckert. Also wird im untersuchten P_{II} -Bereich die Amylase nicht völlig unwirksam gemacht, ihre Wirkung nur deutlich verzögert, je weiter man sich vom Optimum entfernt. Da das Optimum beim Neutralpunkt liegt, so sind alle bisherigen Versuche als bei optimaler P_{II} ausgeführt zu betrachten, wenn man die physiologische NaCl-Lösung mit Leitungswasser statt mit destilliertem Wasser ansetzt, welches unter dem Einfluß der Luftkohlenensäure bis P_{II} 5 heruntergehen kann. Also nicht nur volle Aktivierung (mit Kochsalz), auch optimale P_{II} ist Bedingung für vergleichende Fermentversuche. Ist nun die Schädigung durch H^+ bzw. OH^- eine reversible oder nicht? In meiner Literatur habe ich darüber nichts finden können. Unsere Versuche sprachen für irreversible Beeinflussung: je 20 ccm $\frac{1}{10}$ HCl und $\frac{1}{10}$ NaOH¹ wurden mit je 20 ccm 4% Stärke versetzt und je 2 ccm Speichel zugesetzt, so daß also dessen Effektivkonzentration außergewöhnlich groß = 5%, die Stärke 2%ig und die P_{II} etwa 1,5 bzw. 12,5, also vom Optimum sehr weit entfernt ist. Nach einer Woche ist noch alle Stärke unzersetzt, wobei das Stärkeblau in der alkalischen Lösung natürlich erst nach Ansäuern sichtbar wird. Nach einem Tag aber schon wurde ein Teil der sauren Lösung mit der alkalischen sorgfältig titriert, bei Tupfprobe weder rotes noch blaues Lackmuspapier verändert.

$\frac{1}{1}$ primärer Phosphat (P_{II} 5) mit gesättigtem sekundärem Phosphat (P_{II} 9–10) titrierten, bis Tupfproben beide Lackmuspapiere nicht mehr verändern. Dieser Puffer wird wieder 1:1 mit 4% Salzstärke gemischt und 1:9 ein Speichel von 10% zugefügt, so daß die Standardkonzentrationen entstehen. Darin wirkt Sublimat und Cyankali noch in Konzentrationen von 10^{-4} bis 10^{-5} normal vergiftend, giffreie Kontrollösungen waren natürlich nach einem Tag verzuckert.

Ein anderer Punkt ist noch zu untersuchen: variiert man bei gleicher P_{II} , NaCl- und Speichelkonzentration die der Stärke ausgehend von 20% löslicher Stärke 1:1, also in der Reihe 20, 10, 5, $2\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{4}$ %, so ist bereits nach 6 Stunden die Verzuckerung bis $2\frac{1}{2}$ % gediehen. Wenn man nun das Ferment als einen Katalysator betrachtet, der an dem Umsatz selbst nicht beteiligt ist, so müßte nach 12 Stunden die 5%ige, nach 24 die 10%ige Stärke verzuckert sein. Das ist aber nicht der Fall, vielmehr ist der weitere Fortschritt äußerst langsam: in der 5%-Lösung ist nach 6 Stunden die Jodfarbe blaugrünlich, nach 24 Stunden rotviolett und nach 2 Tagen erst rot, die höheren Konzentrationen zeigen auch nach längerer Zeit stets Blau. Also wird das Ferment irgendwie verbraucht, und es hat gar keinen Zweck, eine Zersetzung über höchstens 3 Tage hinaus zu beobachten, da weitere Veränderungen nicht mehr eintreten. Daß wirklich eine gegebene Menge Ferment nur eine begrenzte Menge Stärke zersetzen kann, wurde noch mit folgender Anordnung bewiesen. 50 ccm 2% Stärke wurde 1 Tag einer 1% Speichelkonzentration (0,5 ccm) ausgesetzt. An 5 ccm abpipettiertem Reaktionsgemisch wurde natürlich volle Verzuckerung festgestellt. Nun wurde

¹ Wir verwenden die Fixanalsubstanzen von DE HAËN.

wieder Stärke in 20% hinzugefügt, aber nicht volle 5 ccm, die die Konzentration wieder auf 2% bringen würden, sondern nur 4,5 ccm. Denn man hat ja auch $\frac{1}{10}$ des Speichels entfernt und stellt so das Verhältnis Stärke zu Speichel genau so wieder her wie am Anfang. Nach Verlauf des zweiten Tages ist auch diese zweite Stärkedosis voll verzuckert. Die dritte Dosis von 4 ccm aber zeigte am nächsten Tag die Jodfarbe rotviolett, die vierte (3,5 ccm) am vierten Tag blau, das auch eine Woche unverändert blieb, ohne daß neue Stärke zugefügt wurde. Damit ist der Fermentverschleiß deutlich gezeigt. Allerdings muß noch einem Einwand begegnet werden: es häuft sich als Zersetzungsprodukt Malzzucker an, und man könnte denken, daß durch dessen Massenwirkung eine volle Verzuckerung weiteren Speichels nicht mehr möglich sei, da eben das Gleichgewicht zwischen Stärke- und Malzzucker erreicht ist. Das haben ja Fermente mit Katalysatoren gemein, sie können ein chemisches System nur zum Gleichgewicht hinführen, nicht darüber hinaus wieder von ihm weg. Diesem theoretischen Einwand ist leicht zu begegnen: eine neue Speicheldosis führt die Verzuckerung sofort zu Ende, es lag also nicht an einem erreichten Gleichgewicht, dem noch so viel Ferment nichts anhaben könnte, sondern am Mangel dieses Ferments. Bei diesem länger dauernden Versuch wurde Schimmel durch Toluolzusatz unterdrückt, es entsteht aber eine starke Trübung unbekannter Natur. Die beiden eben geschilderten Versuche stimmen auch zahlenmäßig gut überein: im ersten wird 5% Stärke von 1% Speichel nach 3 Tagen nicht voll verzuckert — Jodfarbe rot — und im zweiten $2 + 1,8 + 1,6 = 5,4\%$ Stärke in derselben Zeit nur bis zur Jodfarbe rotviolett abgebaut. Ob die Stärke also auf einmal oder portionsweise dem Speichel ausgeliefert wird, ändert an dessen Wirkung nichts. Es erhellt darum besonders gut die Möglichkeit für die wissenschaftliche Fermentforschung, Fermenteinheiten aufzustellen und so den Fermentgehalt eines Präparats zahlenmäßig festzulegen. Bei unseren Versuchen würde 1% Speichel 4% Stärke sicher verzuckern, also 10 ccm nativer Speichel 1 l 4% Stärke = 40 g Stärke bewältigen können. Die Leistung wird noch beachtlicher, wenn man bedenkt, daß der Speichel zum größten Teil aus Wasser besteht. Wir haben seine Trockensubstanz bestimmt, einmal bei 100° im Trockenschrank, dann im Brutschrank mit CaCl_2 und beidemal für zentrifugierten Speichel 0,5% gefunden. Danach können 50 mg Trockensubstanz 40 g Stärke verzuckern, und auch diese Leistung ist noch nicht die wirkliche; denn es ist keineswegs alle Trockensubstanz Ferment. Die im Brutschrank vorgenommene Eintrocknung hebt die stärkespaltende Fähigkeit nicht auf, schädigt sie aber bedeutend; die Trockensubstanz vermag nicht mehr 40 g Stärke zu bewältigen, sondern ihre Kraft findet bei etwa 10 g ihr Ende. Es muß ausdrücklich betont werden, daß diese runden Zahlen nur orientierenden Wert beanspruchen können.

Versuche mit anderen Fermenten.

Amylasen standen uns zur Verfügung in Form von Diastase (KAHLBAUM), gedarrtem Brauereimalz und Pankreatinglyzerin von Dr. GRÜBLER-Leipzig¹. Mit jeder wären natürlich gleiche Untersuchungen möglich wie mit Speichel, wobei zu beachten ist, daß die Pankreasamylase denselben Bedingungen der P_{11} und Salzaktivierung unterliegt, für die pflanzlichen Amylasen aber das P_{11} -Optimum 5² ist und kein Chlorid nötig ist. Das ist vor allem bei einem Vergleich der Wirksamkeiten einzuhalten, wobei wir für unsere Präparate folgendes feststellen konnten. 1% Diastase vermag nicht mehr 2% Stärke voll zu verzuckern, was doch dem Speichel sicher gelingt. Da die Diastase als trockenes Pulver eingewogen wird, müßte man ihr eigentlich eine 20%ige Speichelkonzentration (mit 0,5% Trockensubstanz) gegenüberstellen, woraus die Überlegenheit eines nativen Ferments erhellt. Malz wirkt besser als Diastase, zumal wenn man bedenkt, daß sein Ferment nicht nur die von uns zugefügte, sondern auch die korneigene Stärke mit verzuckern muß. Aus dem Vergleich beider ergibt sich ein erneuter Hinweis auf die Schwierigkeit, ein Ferment ohne Schädigung von seinen Begleitstoffen zu trennen; denn Diastase ist Malz ohne Stärke, müßte also wirksamer sein. Bei Pankreatinglyzerin bekommt man volle Verzuckerung meist nur, wenn man die Fermentkonzentration von vornherein höher setzt (10%) oder die Stärkekonzentration erniedrigt. Die 3 Jahre nacheinander frisch bezogenen Präparate wiesen insofern große Unterschiede auf, als zum Teil das vorjährige Präparat wirksamer war als das frische.

Von den Proteasen haben wir zunächst Pepsin sowohl als festes Pulver unbekannter Herkunft wie als Glycerinpräparat (Dr. GRÜBLER) untersucht. Man läßt es in 10%iger Lösung auf geronnenes Eiweiß einwirken. Um dies bequem zu dosieren und ihm je gleiche Oberfläche zu geben, haben wir es in einem mit Öl ausgeschwenkten Reagenzglas zum Erstarren gebracht (Wasserbad!), dann den Boden aufgeschlagen, worauf der Eiweißzylinder leicht herausrutscht und gut in gleich dicke — etwa 3 mm — Scheiben zerschnitten werden kann, die halbiert zugesetzt werden. Bei Pepsin interessiert das extreme P_{11} -Optimum: $\frac{1}{1}$ Salzsäure wird 1:10 verdünnt und zu je 9 ccm 1 g bzw. ccm des Präparats und eine Scheibe gegeben. Am raschesten wird sie in $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{100}$ gelöst, also P_{11} -Optimum 1—2, das man mit einer Zwischenreihe 1:1 noch genauer festlegen kann. Die Eiweißspaltung geht bekanntlich nur bis zur Peptonstufe, und man hat in der Biuretreaktion³ die Möglichkeit, diese gelösten Zerfallsprodukte nachzuweisen. Natürlich geht die Stärke dieser Reaktion dem Auflösen parallel.

¹ Ein Glycerinauszug zerriebener Bauchspeicheldrüse.

² Statt physiologischer NaCl-Lösung wird überall $\frac{1}{15}$ mol KH_2PO_4 verwandt.

³ 3 Tropfen $\frac{1}{1}$ CuSO_4 + starke Lauge: violett.

Das Trypsin der Bauchspeicheldrüse hatten wir im oben benutzten GRÜBLERSchen Pankreatin-glycerin und in zwei Trockenpräparaten von GRÜBLER und KAHLBAUM zur Verfügung. Seine optimale P_{II} ist im Durchschnitt 8, was dem Puffergemisch (95 ccm $\frac{1}{15}$ mol KH_2PO_4 + 5 ccm $\frac{1}{15}$ mol Na_2HPO_4) entspricht, worin die Präparate zu 10% in Lösung gebracht werden. Ohne besondere Aktivierung (mit Darmsaft, der uns nicht zur Verfügung stand) greift Trypsin native Eiweiße nicht an, spaltet nur Peptone zu Amidosäuren. Das Kriterium ist also das Verschwinden der Biuretreaktion, deren Empfindlichkeit bei 3 Tropfen $\frac{1}{1}$ $CuSO_4$ pro 10 ccm Reaktionsgemisch allerdings nur bis $\frac{1}{10}$ % Pepton reicht, dessen Anfangskonzentration 1 bis 10% war. Das GRÜBLERSche Präparat war wirksamer als das KAHLBAUMSche, am schwächsten die Glycerinlösung. Die Trockenpräparate zeigten noch deutliche amylytische Wirkung, die Trennung der Protease vom Stärkeferment war also nicht voll gelungen, was ja sehr schwer ist. Diese Pankreasamylase scheint viel resistenter zu sein als das Trypsin selbst; denn nach Jahr und Tag wurde kein Pepton mehr, wohl aber noch Stärke gespalten.

Die letzte Untersuchung galt dem dritten Ferment der Pankreas, der fettspaltenden Lipase. Wir haben uns auf ihren Nachweis im Pankreatin-glycerin beschränkt, der bereits quantitative Arbeiten erfordert. Die Lipase spaltet die Glycerinester in Glycerin und Fettsäure. Durch diese Fettsäure wird die P_{II} mit steigender Zersetzung nach der sauren Seite verschoben; denn zwar sind die Säuren selbst in Wasser unlöslich, können also keine P_{II} -Verschiebung bewirken, aber indem sie aus vorhandenen Salzen die Base unter Seifenbildung verbrauchen, machen sie andere Säuren frei. Daher ist die Einhaltung

der optimalen P_{II} 8 nur unter Einschaltung einer sehr großen Pufferkapazität möglich, wenn man nicht nach WILLSTÄTTER etwas zu basisch ansetzt und mit sinkendem P_{II} die Spaltung verlaufen läßt, bis die Azidität dieselbe bremst. So haben wir gearbeitet. Die frei werdende Säure wird mit etwa $\frac{1}{10}$ alkohol. KOH (6 g Ätzkali in 100 ccm 96% Alkohol mit Rückflußkühler bis zur Lösung kochen) titriert, deren Titer gleichgültig ist, wenn man wie wir nur die Lipase feststellen will. Da das Olivenöl oft schon freie Säure hat, so ist ein Leerversuch ohne Ferment nötig. Man kann zur Not auch ohne Aktivatoren und Puffer auskommen, indem man 8 ccm Pankreatin-glycerin bzw. 8 ccm Wasser mit je 2 ccm Olivenöl versetzt und bebrütet. Dann wird das Reaktionsgemisch mit 40 ccm Alkohol-Äther — zu gleichen Teilen — versetzt, wobei sich das nicht zersetzte Fett löst, allerdings ein Niederschlag entsteht, den man durch Schütteln während des Eingießens möglichst feinkörnig zu machen sucht. Dies wird nun bis zur bleibenden Blaufärbung mit der Lauge gegen Thymolphthalein titriert, und dabei wird ein deutlicher Unterschied festgestellt: das fermenthaltige Substrat braucht etwa doppelt soviel (1,8 ccm) wie die fermentfreie Kontrolllösung (1,0 ccm). Etwas größere Differenzen erhält man, wenn man nach WILLSTÄTTER¹ die Anfangs- P_{II} etwa 9 macht, einen Puffer NH_3/NH_4Cl zufügt und mit $CaCl_2$ und Albumin aktiviert. Bezüglich der Ausführung sei auf das Original verwiesen. Bei 10 ccm Pankreatin-glycerin pro 2,5 ccm Öl erhielten wir danach einen Laugenverbrauch von 17 ccm Lauge, während der Leerversuch 3 ccm ergab.

¹ RONA: Fermentmethoden S. 101. Berlin, Springer 1926.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Spektralphotometrische Untersuchungen über die Energie- und Helligkeitsverteilung in dem Querschnitt der positiven Säule in Neon und Helium¹. Originalbericht von Dr. C. HEINRICH in Swinemünde.

Die Arbeit, die letzte Untersuchung, die auf Anregung des verstorbenen Geh.-Rat Prof. Dr. KURLBAUM von der Technischen Hochschule Berlin gemacht wurde, berichtet über die spektrale Energie- bzw. Helligkeitsverteilung in dem radialen Querschnitt der positiven Säule in Neon und Helium. Die Gasentladung wurde in einem zylindrischen Rohr von etwa 60 cm Länge beobachtet, auf dessen Enden ebene — möglichst planparallele — Glasscheiben gekittet waren. Die Aluminiumelektroden hatten die Form von Hohlzylindern, um eine Sicht in der Richtung der optischen Achse zuzulassen. Ein Ansatz mit Hilfe-elektrode enthielt eine Kalizelle zur Befreiung des Gasinhaltes von Spuren fremder Beimengungen. Bei bestimmten Druck- und Entladungsbedin-

gungen entstand in dem Rohr eine ungeschichtete positive Säule von etwa 23 cm Länge. Der Gasdruck wurde zwischen 1,8 mm und 17,5 mm Quecksilber geändert. Das Rohr wurde mit Hilfe eines Schwingungskreises gezündet und dann mit Gleichspannung von höchstens 3000 Volt betrieben.

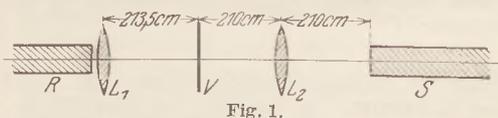


Fig. 1.

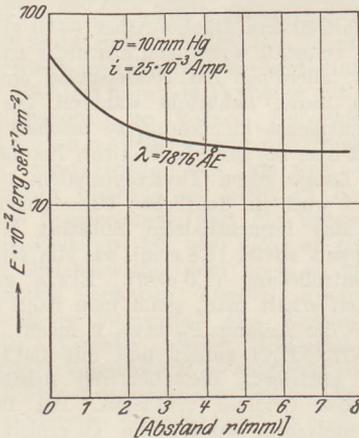
Diese stellte ein Generator her, der mit einem bei Netzspannung laufenden Motor auf gleicher Achse saß (Gleichstromumformer; Motor-Generator). Die bei den Messungen verwandten Stromstärken lagen zwischen 10 mA und 40 mA. Die obere Grenze war durch die Elektroden gesetzt, die bei höheren Stromstärken schmolzen.

Die photometrische Untersuchung wurde mit Hilfe der Methode von KURLBAUM und GÜNTHER-SCHULZE¹ durchgeführt. Den Aufbau zeigt Fig. 1.

¹ Nach der gleichnamigen Arbeit von G. ZWIEBLER in: Ann. d. Phys. 86, H. 10; 1928.

¹ Verh. D. Phys. Ges. 5, 428; 1903. Ann. d. Phys. 10, 225; 1903.

R ist das Entladungsrohr, V der unter Vermittlung des „schwarzen Körpers“ geeichte Vergleichsstrahler, ein Nernstbrenner oder eine kleine Kohlenfadenlampe. Die beiden Strahler werden mit Hilfe der Linsen L_1 und L_2 auf dem Spalt des Spektrometers S abgebildet, in welchem man das Linienspektrum von R und das kontinuierliche Spektrum von V sieht. Stellt man durch Regelung der Stromstärke den Vergleichsstrahler auf gleiche Helligkeit mit der Spektrallinie ein, so erhält man aus der Eichkurve des Vergleichsstrahlers für die beobachtete Spektrallinie die „schwarze Temperatur“ T_b , die von der Spaltbreite¹ abhängig ist. Es seien λ_1 die zur linken Kante, λ_2 die zur rechten Kante des Spaltbildes auf Grund



der Dispersionskurve des Spektrometers gehörigen Wellenlängen. Dann ergibt sich die vom Strahler R an der Wellenlänge λ ausgesandte Energie mit Hilfe der WIENSCHEN Gleichung zu:

$$E = (\lambda_1 - \lambda_2) \cdot \frac{c_1}{\lambda^5 \cdot e^{\lambda \cdot T_b} \cdot c_2}$$

wo $c_1 = 3,68$ ($\text{erg}^2 \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$) und $c_2 = 1,45$ ($\text{cm} \cdot \text{grad}$) ist.

Aus der Energie läßt sich die zugehörige Helligkeit H mit Benutzung der stark von der Farbe abhängigen Augenempfindlichkeit h_λ berechnen:

$$H_\lambda = E_\lambda \cdot h_\lambda.$$

(Siehe die Augenempfindlichkeitskurve bei IVES² und H. BENDER). h_λ ist 100% bei etwa $550 \mu\mu$.

Zur Untersuchung der Energieverteilung in dem radialen Querschnitt wurden zwei Wege beschritten.

1. Bei zentrischem Aufbau wurde die vor der Linse L_2 sitzende Blende vergrößert, wodurch allmählich der Lichtkegel, in den hinein die positive Säule ihre Strahlung sandte, vom Zentral-

gebiet auch auf die Randgebiete ausgedehnt wurde. Falls die Strahlung innerhalb des Querschnitts gleichmäßig verteilt war, durfte die Blendenänderung auf die gemessene schwarze Temperatur nicht von Einfluß sein. Die Untersuchungen zeigten aber, daß für alle Wellenlängen die Energie langsamer als der Öffnungskegel wächst. Damit war die mit bloßem Auge zu machende Beobachtung bestätigt, daß die Helligkeit der positiven Säule zum Rande hin abnimmt. Für die eingehenderen Messungen wurde diese Methode nicht verwandt, da sie die einzelnen zur Achse parallelen Lichtzentrenggebiete nicht getrennt erfaßt.

2. Bevorzugt wurde die folgende Methode. Das Rohr R wurde parallel zur optischen Achse verschoben und unter Anwendung der gleichen wirksamen Blende (auf L_2) photometriert. Dann strahlt jedesmal ein wesentlich neuer Teil an Lichtzentren in den Raumkegel, der mit Hilfe des Vergleichsstrahlers untersucht wird. Diese Verschiebung kann man so lange vornehmen, bis der Raumkegel innerhalb der positiven Säule an die Wandung des Rohres trifft.

Zur Kennzeichnung der Form der erhaltenen Meßergebnisse sei von den zahlreichen untersuchten Linien eine ausgewählt ($\lambda = 5876 \text{ \AA.E.}$).

Druck: 10 mm Quecksilber; Stromstärke: 25 mA.

$r =$	0	1	2,5	5	7,5
$(E \cdot 10^{-2}) =$	59,5	34,9	23,6	19,6	18,6

r gibt die Entfernung der optischen Achse von der Mittelachse des Entladungsrohres an in mm (Methode 2). L ist die Energie der an der Wellenlänge λ ausgesandten Strahlung in [$\text{erg} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$].

Trägt man r als Abszisse und $E \cdot 10^{-2}$ als Ordinate in logarithmischer Teilung auf, so ergibt sich das Bild der Fig. 2, das als Muster für alle untersuchten Linien gelten kann.

Zusammenfassend führen die Untersuchungen zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Strahlungsenergie der positiven Säule nimmt von der Mitte zum Rande hin ab, und zwar von der Mitte ab erst sehr schnell, dann zum Rande hin langsamer. Schon bei einer Entfernung der Lichtkegelachse um 1 mm, d. h. etwa $\frac{1}{12}$ des Rohrradius, von der Rohrachse beträgt die Energieabnahme 50% der Gesamtabnahme zwischen $r = 0$ und $r = 7,5$ mm.

2. Die prozentuale Energieabnahme ist im Durchschnitt um so größer, je größer die Energie der Spektrallinie für $r = 0$ ist.

3. Die prozentuale Energieabnahme wird bei gleichem Druck mit wachsender Stromstärke kleiner, besonders zugunsten des Randgebietes, in dem dann die Änderung der Energie absolut und relativ außerordentlich klein wird. Mit wachsender Stromstärke verteilt sich demnach die Helligkeit gleichmäßiger auf den ganzen Querschnitt.

4. Die prozentuale Energieabnahme von der Mitte zum Rande nimmt anfangs mit dem Druck bei gleicher Stromstärke zu; doch scheint sie sich

¹ C. HEINRICH: Z. f. Phys. 36, 782; 1926. Ann. d. Phys. 80, 350; 1926. Siehe auch diese Zeitschr. 1926, H. 6, S. 286.

² I. E. IVES: Phys. Rev. 35, S. 401, 1913. — H. BENDER: Ann. d. Phys. 45, S. 105, 1914.

bei weiterem Druckanstieg asymptotisch einem Endwert zu nähern.

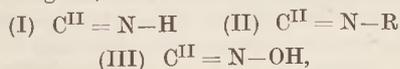
Auf den Zusammenhang der Arbeit mit anderen, besonders theoretischen Untersuchungen über die positive Säule sei hier nur verwiesen.

Zweiwertiger Kohlenstoff¹ mit besonderer Berücksichtigung des Kohlenoxyds. Von Dr.-Ing. HORST BRÜCKNER in Karlsruhe.

In technischer wie in wissenschaftlicher Beziehung nimmt das Kohlenoxyd in der organischen Chemie eine besondere Stellung ein, und besonders durch die in den letzten Jahren erfolgten neuen Synthesen von Methylalkohol, Syntol und Kohlenwasserstoffen nach den Patenten der I. G. Farbindustrie und F. FISCHER aus Kohlenoxyd und Wasserstoff mit und ohne Anwendung von Druck ist ihm wieder erhöhtes Interesse zuteil geworden. Aber auch in wissenschaftlicher Beziehung verdient es besondere Beachtung, da es die einfachste Sauerstoffverbindung und überhaupt geringstatomige Verbindung des Kohlenstoffs darstellt, die im Gegensatz zu den meisten anderen den Kohlenstoff nicht in vier-, sondern in zweiwertiger Bindung enthält.

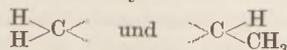
Früher nahm man in den Radikalen wie im Triphenylmethyl und ähnlichen anderen auch eine Dreiwertigkeit des Kohlenstoffs an; diese Theorie beruhte jedoch insoweit auf einem Irrtum, als man die Größe der an dem „dreiwertigen“ Kohlenstoffatom sitzenden Phenylgruppen übersah und nicht in die Überlegungen einbezog. In Wirklichkeit besteht in diesen Radikalen keine Dreiwertigkeit, sondern die drei Phenylreste beanspruchen etwas mehr als zusammen drei Wertigkeiten, und die vierte Valenz kann nicht mehr völlig abgesättigt werden, sondern bildet nur noch Additionsprodukte ohne feste Bindung.

Zweiwertige Kohlenstoffverbindungen gibt es nur sehr wenige. Auf Grund ihres Verhaltens rechnet man wohl auch mehrere Stickstoff-Kohlenstoffverbindungen, so z. B. die Zyanwasserstoffsäure (I), die Isonitrile (II) und die Knallsäure (III) zu dieser Gruppe, da auch in diesen das Kohlenstoffatom durch zwei Valenzkräfte abgesättigt ist,



diese Stoffe stehen jedoch mit tautomeren Formen, wie das Carbylamin mit dem Nitril der Ameisensäure in stetem Zusammenhang.

Als völlig unbeständige Radikale werden weiter „Methylen“ und „Äthyliden“ von den Formeln



angenommen, von denen ersteres sofort Methan, das andere Äthylen bildet. So nimmt I. H. NEF an, daß bei der Zersetzung der Äthylschwefelsäure primär Äthyliden entsteht und diese darauf in Äthylen, $\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2$, umgelagert wird. Weiter hat

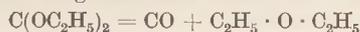
es nicht an Versuchen gefehlt, Dialkyl- und Diarylmethylene unter Anwendung besonders milder Reaktionsbedingungen zu isolieren; sämtliche Versuche sind jedoch gescheitert, und anstatt z. B. Methylenderivate wurden Äthylenderivate, anstatt Diphenylmethylene Fluoren, anstatt Phenylbenzoyl-methylene Diphenylketen erhalten.

Es war daher sehr wahrscheinlich, daß nur solche Verbindungen mit zweiwertigem Kohlenstoff möglich sind, in denen das Kohlenstoffatom mit einem mehrwertigen Element verbunden ist und Methylenverbindungen nur als unbeständige Zwischenprodukte auftreten können. Diese Schlußfolgerung geht jedoch zu weit, da es in der letzten Zeit gelungen ist, verhältnismäßig sehr stabil gebaute ätherartige Verbindungen mit zweiwertigem Kohlenstoff zu isolieren.

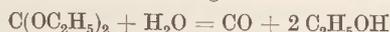
Als Beispiel sei das Kohlen-oxy-diäthylacetal, das auch Diäthoxy-methylen genannt werden kann, angeführt. Es ist eine sehr flüchtige, leichte, farblose Flüssigkeit von dumpfem Geruch, die bei 77° C siedet. Aus den Molekulargewichtsbestimmungen nach den Methoden mittels der Dampfdichte und der Gefrierpunktserniedrigung besitzt dieses Kohlenoxy-diäthylacetal die einfache Formel



Es kann demnach nicht die dimere Form, das „Tetraoxyäthylen“, vorliegen. Chemisch betrachtet ist Kohlenoxydacetal ein Äther, da er mit Magnesiumalkylen ähnlich dem Diäthyläther nur ein lockeres Anlagerungsprodukt bildet und mit metallischem Natrium nicht reaktionsfähig ist. Bei der thermischen Zersetzung liefert er gemäß der Gleichung

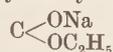


Kohlenoxyd und Diäthyläther; durch Zersetzung mit Wasser bei Gegenwart von geringen Mengen Säure nach der Gleichung

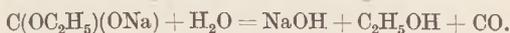


Kohlenoxyd und Äthylalkohol.

Weiter kann man aus den Metallverbindungen des Ameisensäureesters leicht zu Verbindungen mit zweiwertigem Kohlenstoff gelangen. Im Gegensatz zu den Esterenolaten der anderen Fettsäuren werden die Metallverbindungen des Ameisensäureesters nicht kondensiert, sondern aus Natriumäthylat und Ameisensäureester erhält man Natrium-ameisensäureester, der auch als Natrium-oxy-äthoxy-methylen



bezeichnet werden kann. Durch hydrolytische Zersetzung erhält man Natronlauge, Kohlenoxyd und Alkohol gemäß der Gleichung:



Dieser Körper ist daher ein Derivat des hypothetischen „Methylens“.

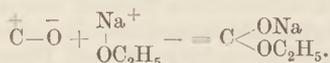
Die Synthese des Natriumäthoxymethylens gelingt weiter auf folgendem Wege: Unter einem Druck von 100 Atmosphären lagert sich bereits

¹ Nach H. SCHEIBLER: Z. angew. Chem. 40, 1072 (1927).

bei Zimmertemperatur Kohlenoxyd an Natriumäthylat an:



Das entstandene Natriumoxy-äthoxy-methylen kann darauf mit Natriumäthylat und Phosphoroxychlorid in zunächst Chlor-äthoxy-methylen und schließlich in Kohlenoxydacetal verwandelt werden. Nach E. MÜLLER geht die Reaktion so von statten, daß sich das CO als ein Zwitterion verhält:



Die gleichen Oxymethylenverbindungen müssen bei der Umsetzung von CO mit Metallhydroxyden angenommen werden, denn primär entsteht bei der Natriumformiatherstellung Natriumoxy-hydroxy-methylen, das dann sofort in Natriumformiat umgelagert wird.

Nach H. SCHEIBLER (a. a. O.) folgt hieraus, daß wir bei den Umsetzungen des Kohlenoxyds zwei verschiedene Reaktionstypen unterscheiden müssen: im ersten Falle betätigt sich die ungesättigte Kohlenstoff-Sauerstoffbindung, im zweiten Falle tritt die ungesättigte Natur des zweiwertigen Kohlenstoffs in Erscheinung, indem dieses in den vierwertigen Zustand übergeht.

Es finden sich jedoch auch Stoffe, die je nach den Reaktionsbedingungen nach beiden Richtungen reagieren können. Zu diesen gehört in erster Linie das Ammoniak. Auf katalytischem Wege erhält man Formamid, das unter Wasserabspaltung in Blausäure übergeht. In Gegenwart geringer Mengen Wasser als Gemisch über poröse Stoffe geleitet, resultiert Ammonformiat, in Gegenwart von Platin Ammoncyanat, das sich in Harnstoff umlagert.

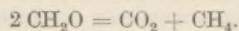
Die kompliziertesten Verhältnisse liegen jedoch bei der katalytischen Hydrierung des Kohlenoxydes vor. Je nach den Arbeitsbedingungen und der Art des verwendeten Katalysators erhält man hier Methan, Methylalkohol, höhere Alkohole, Aldehyde, Säuren, Ester, Ketone oder flüssige Kohlenwasserstoffe. Letztere Produkte, die nach dem von F. FISCHER und H. TROPSCH entwickelten Verfahren erhalten werden, haben eine Alkalisierung des Katalysators mit Basen oder Salzen derselben mit schwachen Säuren zur Bedingung. Die zur Hydrierung verwendeten Mehrstoffkatalysatoren bewirken demnach eine Reaktionsauslese oder Reaktionslenkung. Es bestehen die verschiedensten Möglichkeiten, nach denen die katalytische Reduktion des Kohlenoxyds verläuft; wahrscheinlich wird je nach der Art des Katalysators und den gewählten Arbeitsbedingungen die eine oder andere Reaktion mehr begünstigt.

1. In Gegenwart basenfreier Kontakte bildet sich aus Kohlenoxyd und Wasserstoff zunächst Formaldehyd nach der einfachen Additionsreaktion



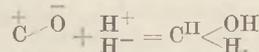
Im weiteren Verlauf der Hydrierung tritt dann nicht etwa eine Reduktion des Aldehyds zu Methylalkohol ein, sondern eine Disproportionie-

rung von Formaldehyd in Kohlendioxyd und Methan.



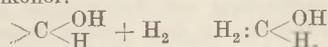
So kann nach F. FISCHER am Eisenkontakt unter Druck bei etwa 400° Wassergas glatt in ein Gemisch von Methan und Kohlensäure umgesetzt werden.

2. Ganz anders verläuft die Reaktion in Gegenwart basenhaltiger Kontakte. Auf Grund der obigen Ausführungen ist es wahrscheinlich, daß die Basen das Kohlenoxyd zunächst in den ionisierten Zustand überführen und der Wasserstoff als amphoterer Element sich anlagert:



Hier entsteht also primär nicht Formaldehyd, sondern die isomere Methylenverbindung: Hydroxymethylen.

In Gegenwart eines an Zinkoxyd reichen Katalysators erfolgt die weitere Reduktion zu Methylalkohol:



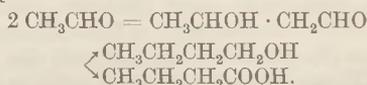
3. Bedeutend schwieriger ist es, Erklärungen über den Reaktionsverlauf zu geben, der zu höheren Alkoholen, Aldehyden, Säuren, Ketonen und Estern führt. So liefert bei dunklen elektrischen Entladungen ein Gemisch von Methan und Kohlenoxyd Acetaldehyd und dessen Kondensationsprodukte



Nach der Dissoziationstheorie von NEF (s. o.) setzt dies dann folgendes Schema voraus:



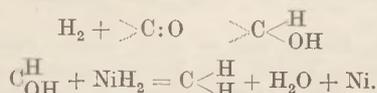
Acetaldehyd wird darauf durch Wasserabspaltung und Reduktion zu Butyraldehyd kondensiert, der nach CANIZAWO zu Buttersäure und Butylalkohol disproportioniert wird:



Auf ähnliche Art kann die Disproportionierung des Acetaldehydes in Äthylalkohol und Essigsäure erfolgen; letztere gehen dann unter geeigneten Bedingungen in Essigsäureäthylester und Wasser über. Essigsäure führt durch Abspaltung von CO₂ zu Aceton, und letzteres gibt durch Reduktionsreaktionen Isopropylalkohol, Isovalerialdehyd, Isovalerialsäure, Isobutyraldehyd, Isobuttersäure, Isoamylalkohol. Weiter reagiert Kohlenoxyd mit Acetaldehyd zu Oxymethylenacetaldehyd und somit zu n-Propylalkohol und Propionsäure. Alle diese Körper sind auch als Bestandteile des Synthol, das aus Kohlenoxyd und Wasserstoff durch Überleiten über Zinkoxyd in Gemisch mit anderen Oxyden und Metallen bei höheren Temperaturen unter Druck synthetisiert wird, nachgewiesen worden.

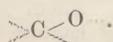
4. Neben diesen sauerstoffhaltigen Körpern enthält das Synthol weiter beträchtliche Mengen flüssiger Kohlenwasserstoffe (Benzin). Deren

Synthese kann einerseits dadurch erklärt werden, daß die Alkohole zu den entsprechenden Kohlenwasserstoffen reduziert worden sind. Inwieweit dies der Fall ist, mag dahingestellt bleiben; es seneinen zumindest noch andere Reaktionsarten hierbei eine Rolle zu spielen, da je nach dem Katalysatoremischung fast nur sauerstoffhaltige Verbindungen oder auch hauptsächlich Kohlenwasserstoffe anfallen. Die Reaktionslenkung nach letzterer Seite erfolgt besonders bei der Anwendung von fein verteilten Metallen, die intermediär Metallhydride zu bilden vermögen. Als primäre Stufe wird sich zunächst Hydroxy-methylen bilden, das dann mit Metallhydriden zu Methylen umgesetzt wird:



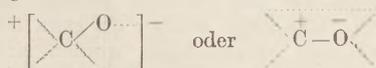
Besonders bei niederen Temperaturen wird dann das Methylen sich zu längeren Ketten kondensieren, ehe Wasserstoff zu Methan reduzieren kann; bei höheren Temperaturen hingegen entsteht ausschließliche Methan. Inwieweit bei dieser Benzinbildung auch die von F. FISCHER und H. TROPSCH intermediär angenommenen Metallkarbide beteiligt sind, läßt sich noch nicht übersehen.

Zusammenfassend kann über die strukturelle Natur des Kohlenoxyds folgendes formuliert werden: Neben einer ungesättigten Carbonylbindung gehen weitere freie Valenzbeträge vom Kohlenstoffatom direkt aus:



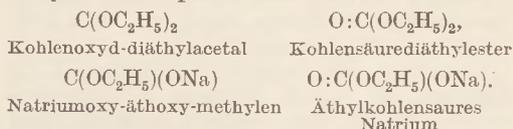
Dennoch verhält sich das Kohlenoxyd nicht wie eine ungesättigte Verbindung, da es allgemein chemisch indifferent und reaktionsträge ist, im Gegensatz zu anderen ungesättigten Verbindungen, wie dem Äthylen oder ungesättigten Bindungen, wie den Aldehyden und Ketonen, die leicht Additionsverbindungen zu geben vermögen.

Diese chemische Indifferenz des monomolekularen Kohlenoxyds kann man vielleicht darauf zurückführen, daß hier die ungesättigten Valenzbeträge sowohl des Kohlenstoffs als auch der Kohlenstoffsauerstoffbindung miteinander in einem polaren Gegensatz stehen und damit sich selbst absättigen:

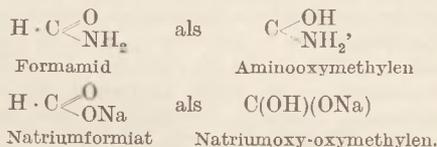


Diese Annahme wird auch durch die Feststellungen von W. MANCHOT bekräftigt, daß Kohlenoxyd bei Komplexbildung nie ionogen, sondern stets als Neutralteil eintritt. Damit ist eine Zusammenstellung der Reaktionen, in denen das Kohlenoxyd eine Sonderstellung gegenüber allen anderen Kohlenstoffverbindungen einnimmt, gegeben, und unsere Kenntnis dieses wichtigen Ausgangsstoffes für viele praktisch und theoretisch hochbedeutsamen Synthesen wird durch ein weiteres Studium der Oxymethylenverbindungen wohl noch wesentlich gefördert werden. Diese

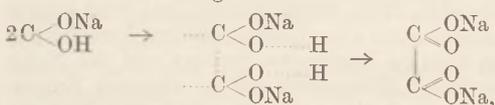
stehen zum Kohlenoxyd im gleichen Verhältnis wie die Derivate der Kohlensäure zum Kohlendioxyd. So entsprechen:



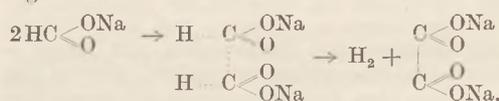
Weiter ist die Chemie der Verbindungen des zweiwertigen Kohlenstoffs vielleicht noch dazu berufen, zur Aufklärung mancher bisher nur schwer verständlichen Reaktion beizutragen. Dies gilt zunächst für das Verhalten der Ameisensäure und deren Derivate, wenn diese Verbindungen als Abkömmlinge des Oxymethylen betrachtet werden, also



Die Wasserstoffentwicklung und Bildung von Natriumoxalat beim Erhitzen von Natriumformiat kann dann auch folgendermaßen erklärt werden



während man nach den bisherigen Anschauungen folgenden Reaktionsverlauf annahm:



Neuere Forschungen auf dem Gebiete des Erdöls.
Von Prof. J. v. BRAUN. Bericht von OTTO REUBER in Frankfurt a. M.

Auf der Tagung des Vereins Deutscher Chemiker in Frankfurt a. M. im Juni 1930 sollte vom Direktor des Chemischen Universitätsinstituts Prof. J. v. BRAUN ein Vortrag mit dem angegebenen Titel gehalten werden. Er konnte damals aus äußeren Gründen nicht stattfinden und ist inzwischen in der Zeitschrift „Petroleum“ (XXVI. Bd., Nr. 37) im Druck erschienen. Sein Inhalt wird im folgenden teils zusammenfassend, teils auszugsweise wiedergegeben.

Außerhalb der Fachkreise verhältnismäßig wenig bekannt ist die Tatsache, wie ungeheuer verbreitet das Erdöl in der Erdrinde ist und welch riesiges Ausmaß seine Förderung erreicht hat: es gibt kaum ein Land, kaum eine Gegend, ob nördlich oder südlich, ob auf dem Kontinent oder unter dem Meeresgrund gelegen, wo man nicht beim Bohren auf Erdöl, oft natürlich nur in kleineren Mengen, stößt, und fast jedes Jahr vermehrt die Zahl der abbauwürdigen Erdöllager. Seit 1859 hat die Erdölindustrie eine Menge gefördert, die ein Bassin von 1000 qkm Fläche und 2,5 m Tiefe füllen würde. An dieser Produktion ist das letzte Jahr mit 210 Millionen Tonnen

beteiligt, wovon auf Deutschland leider nur der zweitausendste Teil entfällt.

Bis vor etwa 20 Jahren beschränkte sich die Verarbeitung des Rohöls darauf, es durch fraktionierte Destillation physikalisch zu sondern in 1. die gelösten Gase (hauptsächlich Methan), 2. ein Gemenge von niedrig siedenden Kohlenwasserstoffen (Benzin oder Gasolin), 3. einen höher siedenden Teil (Kerosin oder Leuchtöl), 4. einen noch höher siedenden (Heizöl, Schmieröl) und 5. einen festen Rückstand (Paraffin, Vaseline, Asphalt).

Während von diesen Fraktionen zunächst nur das Leuchtöl und das Schmieröl ausgedehntere Verwendung fanden, haben sich in den beiden letzten Jahrzehnten die Verhältnisse infolge der geradezu stürmischen Vermehrung der Kraftfahrzeuge — gegenwärtig etwa 35 Millionen mit ungefähr 50 bis 60 Milliarden Liter Benzinverbrauch — so völlig zugunsten der niedrig siedenden Fraktion verschoben, daß es von größter Wichtigkeit wurde, Mittel und Wege zu finden, um deren Menge zu steigern. Diese Forderung ist von Wissenschaft und Technik, ab und an unterstützt durch glücklichen Zufall, in weitgehendem Maße erfüllt worden: man fand erstens Verfahren zur künstlichen günstigen Veränderung des für eine bestimmte Erdölart von der Natur gegebenen Mengenverhältnisses zwischen Erdgas, niedrig siedenden und höher siedenden Bestandteilen des flüssigen Öles; zweitens ersetzte man die bisher übliche Methode zur Reinigung der Erdölfraktionen — Waschen mit konzentrierter Schwefelsäure und Nachwaschen mit Lauge — durch eine schonendere rationellere; drittens ging man dazu über, Erdölbestandteile auf chemischem Wege umzuformen und zu veredeln. Hiermit verknüpft war viertens die beginnende Erkenntnis der Einzelindividuen des Erdöls und fünftens die Erfassung der Vorgänge, die einst zu seiner Bildung in der Erde geführt haben.

Um den zweiten Punkt vorweg zu nehmen, sei daran erinnert, daß im Erdöl neben den gesättigten offenen und zyklischen Kohlenwasserstoffen (Paraffinen und Naphthenen) je nach dem Fundort in wechselnden Mengen ungesättigte und aromatische Kohlenwasserstoffe, Phenole, Säuren, Harzstoffe, Schwefelverbindungen und stickstoffhaltige Basen auftreten. Bei dem alten Reinigungsverfahren mittels konzentrierter Schwefelsäure werden zwar die basischen und die schwefelhaltigen Begleitstoffe einer bestimmten Fraktion in Gestalt des Säureteers entfernt, zugleich auch aber die ungesättigten und aromatischen Bestandteile von der Säure geschluckt und durch Sulfurierungs- und Polymerisationsvorgänge so weitgehend verändert, daß ihre Wiedergewinnung kaum durchführbar ist. Auch treten beim Auswaschen der Schwefelsäure durch Alkali sehr lästige Emulsionen auf. So bedeutete es einen ungemein wichtigen Fortschritt, als EDELEANU im verflüssigten Schwefeldioxyd ein Mittel fand, das Paraffine und Naphthene kaum, dagegen ungesättigte und aromatische Kohlenwasserstoffe sehr leicht auflöst, ohne sie chemisch zu verändern,

und das im Gegensatz zur Schwefelsäure durch Abdunsten fast restlos wiedergewonnen werden kann. Das EDELEANU-Verfahren wurde zuerst auf die an aromatischen Verbindungen reiche und daher mit rußender Flamme brennende Leuchtölfraction des rumänischen Erdöls, dann aber auch mit bestem Erfolg auf andere Fraktionen angewendet und stellt u. a. ein Mittel dar, das „Klopfen“ gewisser Benzine beim Gebrauch im Motor zu beseitigen. Dieses durch vorzeitige Zündung beim Komprimieren der Benzingase verursachte Geräusch wird nämlich durch höhere gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe hervorgerufen, die in flüssigem Schwefeldioxyd unlöslich sind und daher mit seiner Hilfe beseitigt werden können.

Das Benzin war es auch, dessen riesenhaft gestiegener Bedarf den Wunsch entstehen ließ, das von der Natur gegebene Mengenverhältnis der Erdölbestandteile künstlich zugunsten der niedrigst, bis etwa 150°, siedenden Fraktion zu verschieben. Hierfür bieten sich zwei Wege. Der eine geht aus von den bei gewöhnlicher Temperatur gasförmigen Kohlenwasserstoffen, die mit dem Öl dem Erdboden entströmen, zum Teil auch in ihm gelöst bleiben und durch Anwärmen ausgetrieben werden können. Ihnen sind stets auch niedrig siedende flüssige Verbindungen in Dampfform beigemischt, die wir herausholen können, teils durch rationelle Abkühlung, teils unter Zuhilfenahme starker Adsorptionsmittel, vor allem der aktiven Kohle, deren Kapillaren je Kubikzentimeter Volumen bis zu 600 qm Oberfläche bieten. Allein in den Vereinigten Staaten werden auf letztere Weise den Ölgasen täglich etwa 15000 Tonnen Gasolin entzogen.

Der andere Weg zur Vermehrung des niedrig siedenden Erdölanteils führt in umgekehrter Richtung, geht also von den höher siedenden Fraktionen aus. Bei seiner Entdeckung hatte der Zufall, dieser mächtige Faktor in der Entwicklungsgeschichte der Chemie, seine Hand im Spiel: Vor einigen Jahrzehnten fand man, daß in einem Öldestillator, dessen Heizung nicht „rechtzeitig“ abgestellt worden war, aus hochsiedendem Material in beträchtlichen Mengen niedrigsiedendes entstanden war. Diese Beobachtung führte zu dem Verfahren des Crackens oder der Pyrolyse, dessen enorme wirtschaftliche Bedeutung aus der Tatsache erhellt, daß inzwischen dafür nicht weniger als etwa 5000 Arbeitsmethoden vorgeschlagen worden sind, die allerdings meist nur in Kleinigkeiten voneinander abweichen, und daß 1928 allein in den Vereinigten Staaten fast 20 Millionen Tonnen Benzin auf diese Art gewonnen wurden.

Da wir die Einzelstoffe, aus denen die Rohölmasse besteht, so gut wie noch gar nicht kennen, wissen wir auch nicht, auf welche Urstoffe die Crackprodukte zurückzuführen sind. Die wissenschaftliche Beantwortung dieser Frage, die neuerdings in vielversprechender Weise im Oppauer Forschungslaboratorium in Angriff genommen ist, berührt Dinge, die nicht nur für die Chemie des Erdöls, sondern für die organische Chemie über-

haupt von größter Bedeutung sind; insbesondere die Frage nach den Größenunterschieden der zwischen den einzelnen Atomen der Kohlenwasserstoffe herrschenden Bindungskräfte. Die Forschungen des genannten Institutes haben neuerdings auch gelehrt, die pyrolytischen Vorgänge durch Katalysatoren willkürlich mehr in die eine oder andere Richtung zu drängen. Um ein Beispiel herauszugreifen: Methan kann thermisch in CH_3 und H_2 , CH_2 und H_2 , CH und H_2 oder endlich in C und H_4 gespalten werden, wodurch sich die Möglichkeit der Bildung von Ruß oder von Äthan oder von Äthylen oder endlich von Acetylen ergibt. Durch passende Katalyse können wir dem einen oder anderen Vorgang den Vorzug geben, z. B. die Pyrolyse vorwiegend in der Richtung auf das Acetylen treiben, das weiterhin zu Benzol polymerisiert werden kann. Einen für die Krackindustrie besonders wichtigen Katalysator stellt das Aluminiumchlorid dar, das die Temperatur des Krackens stark herabzusetzen gestattet. Ihm ist neuerdings ein ernster Konkurrent entstanden in dem von FRITZ HOEMANN eingeführten, bis jetzt in der Chemie kaum beachteten Borfluorid, das schon wegen seiner gasförmigen Beschaffenheit vor dem festen AlCl_3 gewisse Vorzüge besitzt. — Die Polymerisation der beim Krackprozeß primär entstehenden Olefine läßt sich unter geeigneten Bedingungen sehr weit treiben; sie führt zu ganz hochmolekularen Stoffen herauf, die sich durch gute Schmiereigenschaften auszeichnen, ähnlich den in den höchst siedenden Erdölfraktionen enthaltenen. Angesichts dieser Polymerisationsmöglichkeiten erhebt sich die Frage, ob das heutige Bestreben, aus dem Erdöl möglichst viel niedrigmolekulares, niedrig siedendes Material herauszuholen, nicht vielleicht einmal durch ein genau entgegengesetztes Bestreben abgelöst werden könnte. Dieser Wunsch müßte dann auftauchen, wenn es gelingen sollte, für unsere Kraftfahrzeuge Motore zu konstruieren, die ähnlich dem Dieselmotor mit Schweröl arbeiten, wie es z. B. schon bei den Junkersflugzeugen der Fall ist. Doch werden die Wege zu seiner Erfüllung erst dann mit Aussicht auf Erfolg beschritten werden können, wenn unsere bis jetzt noch äußerst dürftigen Kenntnisse über die Einzelbestandteile des Erdöls erheblich gewachsen sind. Einen gewissen Fortschritt haben die Forschungen der letzten Jahre bezüglich derjenigen Verbindungen gebracht, die als Begleiter der Erdölkohlenwasserstoffe auftreten. Amerikanische Chemiker sind gegenwärtig mit der systematischen Untersuchung der im kalifornischen Erdöl sehr zahlreich enthaltenen Basen beschäftigt, und im Frankfurter Universitätsinstitut hat Prof. v. BRAUN vor einiger Zeit begonnen, die Säuren des Erdöls eingehender zu erforschen. Diese bisher nur ganz oberflächlich untersuchten sog. Naphthensäuren sind deshalb von besonderem Interesse, weil zu erwarten ist, daß die Aufklärung ihrer Konstitution auch Licht auf diejenige der ihnen entsprechenden Kohlenwasserstoffe selbst werfen wird. Bei Konstitutionsforschungen bietet

nämlich eine organische Säure gegenüber einem Kohlenwasserstoff den Vorteil, daß sie in der Carboxylgruppe einen schwachen Punkt bietet, an dem man das Molekül anpacken kann, um es weiter abzubauen und aufzurollen. Als bemerkenswerte Einzelheit der v. BRAUNSCHEN Untersuchungen hat sich ergeben, daß manchen Naphthensäuren von wenig angenehmem Geruch Alkohole entsprechen, deren Ester sich durch einen überraschend lieblichen Duft auszeichnen. Auch ist es v. BRAUN vor kurzem gelungen, zum ersten Male eine Brücke vom Erdöl zum Holz zu schlagen, indem es ihm glückte, die Erdöl-Naphthensäure $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}_8$ zum selben Trimethylzyklopentanon abzubauen, das H. PRINGSHEIM kurz vorher im Holzgeistöl gefunden hat.

Letzterer Umstand ist geeignet, einen Beitrag zu liefern zu der noch immer umstrittenen Frage nach der Entstehung des Erdöls; und zwar stützt er jene Theorie, die seine Muttersubstanz in pflanzlichen Resten, vielleicht auch in der aus diesen entstandenen Kohle sucht. Daß Kohle tatsächlich imstande ist, erdölartige Produkte zu liefern, hat die Druckhydrierung dieses Stoffes gezeigt (BERCIUS), die eine Kombination der Verkrackung der großen in der Kohle enthaltenen Moleküle und Abfangen der Spaltprodukte durch Wasserstoff darstellt. Unter Verwendung geeigneter Katalysatoren kann man dabei die verschiedenen, den Erdölfraktionen entsprechenden Stoffgemische gewinnen: Benzin, Kerosin, Heizöl und Schmieröl. Diese Tatsache in Verbindung mit der ungeheuren geographischen Verbreitung des Erdöls und gewissen geologischen Beobachtungen, legt die Auffassung nahe, daß, wenn auch nicht in allen Fällen — man denke an ENGLERS Versuche über Druckerhitzung von Fetten —, so doch der Hauptsache nach das Erdöl aus Pflanzenresten bzw. Kohle entstanden ist unter der Einwirkung von Wasserstoff, der aus Wasser stammt.

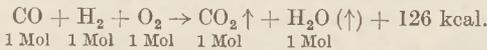
Die Möglichkeit, durch Hydrierung der Kohle sozusagen künstliches Erdöl herstellen zu können, erhöht für uns Deutsche mit unserer armseligen Jahresproduktion von nur 100 000 Tonnen natürlichen Öles das Interesse an den Erdölproblemen ungemein. Und so ist es nicht nur vom rein wissenschaftlichen Standpunkt aus zu begrüßen, daß deutsche Forscher sich diesen Problemen seit Jahren in bahnbrechender Weise zugewandt haben. Unermüdllich fortgesetzte Versuche der Chemiker der J. G. Farbenindustrie haben gezeigt, daß, wenn man höher siedende Ölfraktionen und Destillationsrückstände im Gegensatz zum bloßen Kracken der kombinierten Wirkung der Temperatur, des Druckes und des katalytisch angeregten Wasserstoffs aussetzt, die in der Richtung auf niedrig siedendes Benzin verlaufende Umsetzung einen technisch besonders befriedigenden Verlauf nimmt.

So sehen wir vielerlei Ansätze, das Rätsel des Erdöls zu lösen. Selbst eine kühne Phantasie vermag sich schwer vorzustellen, welch ein Reichtum von Stoffen sich für eine wissenschaftliche Bearbeitung und auch für eine industrielle Verwertung bieten wird, wenn es gelingen sollte,

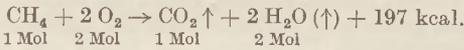
wenigstens die hauptsächlichsten Bestandteile des Erdöls herauszupräparieren, so wie dies z. B. für die Bestandteile des Steinkohlenteeres gelungen ist. Schon das, was in letzter Zeit mit dem heute zugänglichen Material geschehen ist, bietet einen erfreulichen Auftakt.

Flammentemperaturen. Unsere Gaswerke setzen dem Leuchtgas in steigendem Maße Wassergas zu, ohne daß die Abnehmer klagen. Durch den Wassergaszusatz wird zwar der Heizwert herabgedrückt, aber die Wirtschaftlichkeit weder für den Erzeuger noch den Verbraucher vermindert, denn die Flammentemperaturen werden nicht etwa niedriger, im Gegenteil: die Flammentemperatur des Wassergases ist höher als die von Methan; bei diesem wird viel mehr Ballast erwärmt als beim Wassergas, und für den Verbraucher ist nicht der Gesamtkalorienwert, sondern nur sein nutzbarer Anteil wichtig.

Für 1 m³ Wassergas sind rund 2½ m³ Luft (½ m³ Sauerstoff) zum vollständigen Verbrennen nötig:



Die Abgase enthalten ½ m³ Kohlendioxyd, ½ m³ Wasserdampf und rund 2 m³ Luftstickstoff. Für 1 m³ Methan sind hingegen rund 10 m³ Luft (2 m³ Sauerstoff) erforderlich:



Die Abgase enthalten 1 m³ Kohlendioxyd, 2 m³ Wasserdampf und rund 8 m³ Luftstickstoff. Die 8800 Kalorien, die beim Verbrennen von 1 m³ Methan frei werden, haben also 11 m³ Gase aufzuheizen, die 2800 Kalorien der gleichen Menge Wassergas jedoch nur 3 m³. Außerdem sind die spezifischen Wärmen des Wasserdampfes und des Stickstoffs höher als beim Kohlendioxyd, das im Falle Methan nur einen kleinen Teil der Wärmezehrer ausmacht; c_p (für N₂) = 0,249; c_p (für CO₂) = 0,202; c_p (für Wasserdampf von 100°) = 0,481.

In erster grober Annäherung wären die berechneten Temperaturen:

für Methan:

$$t_M \approx \frac{8800}{1,977 \cdot 0,202 + 2 \cdot 0,804 \cdot 0,481 + 8 \cdot 1,25 \cdot 0,249} \approx 2400^\circ,$$

für Wassergas:

$$t_W \approx \frac{2800}{\frac{1}{2} \cdot 1,977 \cdot 0,202 + \frac{1}{2} \cdot 0,804 \cdot 0,481 + 2 \cdot 1,25 \cdot 0,249} \approx 2750^\circ.$$

In Wahrheit sind die Temperaturen bei weitem nicht so hoch, weil die spezifische Wärme mit wachsender Temperatur zunimmt; für Wasserdampf und Kohlendioxyd ist sie bei 2000° schon mehr als verdoppelt; beim Stickstoff ändert sie sich nur wenig. Die Verluste durch abgestrahlte und abgeleitete Wärme sind nicht gering. Außerdem tritt bei den hohen Temperaturen ein Wärmezehrerfall ein, d. h. die Vorgänge werden rückläufig. Infolgedessen liegen die wirklichen Werte bei ≈ 1600° (Methan) und ≈ 1800° (Wassergas).

R. Winderlich, Oldenburg i. O.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure. Von R. ROTHE. Teil IV: Übungsaufgaben mit Lösungen. Formelsammlung. Unter Mitwirkung von O. DEGOSANG. 1. Heft: Zahlen; Veränderliche und Funktionen; Hauptsätze der Differentialrechnung und Grundformeln der Integralrechnung. II und 52 Seiten. Mit 56 Abb. im Text. Verlag von B. G. Teubner: Leipzig u. Berlin 1932. Preis geh. RM 2.— (Bd. 33 von Teubners mathematischen Leitfäden).

Das Heft enthält 227 Aufgaben zum Einüben des Stoffes, den R. ROTHE in der ersten Hälfte von Teil I seiner Höheren Mathematik geboten hat [s. diese Zeitschrift 41, 50 (1928)]. Es beziehen sich 49 Aufgaben auf den Abschnitt Zahlen, Veränderliche und Funktionen, 33 auf Grenzwerte von Veränderlichen und Funktionen und auf die Stetigkeit, 58 auf Differentiationen, Differentiale und die Steigung der Tangente einer Kurve, 44 auf höhere Ableitungen, Maxima und Minima, Wendepunkte einer Kurve und Hyperbelfunktionen, 35 auf den Mittelwertsatz, einfache Integrationsaufgaben und Bestimmung von Grenzwerten, 8 auf die Theorie der Maxima und Minima, die TAYLORSche Formel und das NEWTONSche Näherungsverfahren. Die in Teil I eingestreuten Übungen sind wiederaufgenommen und ebenso einzelne Aufgaben aus Bd. 54 der mathematisch-

physikalischen Bibliothek: Elementarmathematik und Technik [vgl. 37, 281 (1924)].

In vielseitigen Anwendungen zeigen die Aufgaben dem, der sich mit Zähigkeit daran versucht, wie es mit Hilfe der Mathematik gelingt, die Natur zu betrachten, zu erforschen und zu beherrschen. Die hinzugefügten Lösungen leisten wertvolle Hilfe und erwecken Freude über das Erreichen des Ziels. Diese Aufgabensammlung ist ein Arbeitsbuch. Auch die Lehrer der Mathematik und der Naturwissenschaften an höheren Schulen werden es mit größtem Gewinne zu Rate ziehen, sei es, daß sie geeignete Aufgaben daraus in ihren Unterricht einflechten, oder Vorbilder für eigene Gestaltung von Beispielen suchen. Zieht man zur Vergleichung die Aufgaben heran, die noch vor einem Menschenalter zum Einüben der höheren Mathematik benutzt wurden, so spiegelt sich der gewaltige Fortschritt der mathematischen Wissenschaft in der letzten Vergangenheit wider, und man kann in eine ähnliche Klage ausbrechen, wie es Kolumban der Jüngere in Erinnerung an seine Schulzeit tut (in den mittelalterlichen Klosterschulen war das Studium der Mathematik und Astronomie aufs engste mit dem Studium der Musik verbunden): „Wieviel Streiche und Striemen, wieviel Mühsal kostete doch die Erlernung der Musik!“ *Mith.*

Anleitung zur Mikrophotographie. Von LUDW. HEIM und FRITZ SKELL. Mit 38 Abb. im Text. VIII, 92 S., gr. 8°, brosch. RM 4,50; geb. RM 5,50.

Das Buch bringt in klarer und leicht verständlicher Form alte und neue Regeln für die Praxis der Mikrophotographie.

Die wichtigste Grundvoraussetzung für gute Bilder ist eine richtige Beleuchtung der Objekte. Wie die Lichtführung nach der rationellen KÖHLERSchen Beleuchtungsordnung zu erfolgen hat, wird mit großer Ausführlichkeit so genau geschildert, daß selbst der Ungeübte hiernach seine Apparatur mit behelfsmäßigen Mitteln aufbauen kann.

Neben den größeren mikrophotographischen Einrichtungen der bekannten optischen Firmen werden auch kleinere einfachere Mikrokameras beschrieben; vor allem sei auf eine neue Konstruktion hingewiesen, die der eine der beiden Verfasser (SKELL) entwickelt hat. Sie erlaubt es, von der subjektiven Beobachtung auch bei geneigtem Mikroskop unmittelbar zur Mikrophotographie überzugehen.

Viele nützliche Winke der erfahrenen Praktiker über Bestimmung des Vergrößerungsmaßstabes, Beeinflussung der Tiefenschärfe, Hilfsmittel bei der Scharfeinstellung, Farbfilterauswahl Belichtungszeiten, Platten und Papiermaterial sowie über Anforderungen an die Präparate sind dazu angetan, die Durchführung der Mikroaufnahmen zu erleichtern.

Im Anschluß an die normale Mikrophotographie in durchfallendem Licht wird auch die Gewinnung von Stereoaufnahmen und von mikroskopischen Bildern in auffallendem Licht behandelt.

Otto.

IS-Diagramme für Verbrennungsgase und ihre Anwendung auf die Verbrennungsmaschine. Von Dr.-Ing. WALTER PFLAUM. Berlin 1932, VDI-Verlag. DIN A₄, IV/45 Seiten mit 69 Abb. und 3 Zahlentafeln sowie 17 Diagrammen auf besonderen Tafeln. In einer Mappe RM 7,90 (für VDI-Mitglieder RM 7,10).

Die Vorgänge in den Verbrennungskraftmaschinen sind sehr viel komplizierterer Art als diejenigen in der Dampfmaschine. Daher kommt es, daß es hier bisher an theoretischen Grundlagen für die Vorausberechnung der Arbeitsprozesse mangelte, während der Arbeitsprozeß in einer Dampfmaschine schon seit langer Zeit mit großer Genauigkeit vorausberechnet werden kann. Soweit praktische Verluste durch Abkühlung und Drosselung nicht im Vorwege mit Sicherheit erfaßt werden, kann wenigstens der Vergleichsprozeß der entsprechenden Idealmaschine ohne diese Verluste vorausberechnet werden.

Neuerdings bemüht man sich in wachsendem Ausmaß, für die Vorausberechnung der Kreisprozesse von Verbrennungskraftmaschinen in ähnlicher Weise einwandfreie, die wirklichen Verhältnisse in den Maschinen erfassende Berechnungsgrundlagen zu schaffen.

Die Arbeit von PFLAUM ist ein beachtenswerter Versuch in dieser Richtung. Das Ergebnis der

sehr gründlichen theoretischen Untersuchungen und Berechnungen sind im wesentlichen die IS-Diagramme für Verbrennungsgase, die der in Form einer Mappe erschienenen Schrift beiliegen. Die Arbeit von PFLAUM liefert unter anderem das Ergebnis, daß der indizierte Wirkungsgrad moderner Verbrennungsmotoren teilweise schon recht hoch und kaum mehr steigerungsfähig ist. Weiterhin wird die schon seit 1923 aus praktischen Versuchen von Heidelberg mit einer Dieselmachine bekannte Tatsache bestätigt, daß der unter sonst gleichen Verhältnissen erreichbare mittlere Kolbendruck in weiten Grenzen nur vom höchsten Zünddruck und nicht von der Verdichtungshöhe abhängt. Es werden Berechnungsunterlagen geliefert für Verbrennungsmotoren, Abgasturbinen und Feuerungen. Die Handhabung der Tafeln wird an Hand von Beispielen ausgiebig erläutert. Das Werk kann dem Verbrennungsfachmann wie dem thermodynamisch interessierten Physiker in gleicher Weise empfohlen werden. *Holm.*

Grundbegriffe der Elektrotechnik. Von Dr. Ing. F. BERGTOLD. 2 Bände: Bd. I mit 293 Abbildungen, 145 Seiten; Bd. II mit 376 Abbildungen, 205 Seiten. Stuttgart 1929, Verlag Ferdinand Enke. Preis geh. RM 7.—; geb. RM 8,50.

Das vorliegende Werk zeichnet sich gegenüber anderen ähnlichen vor allen Dingen dadurch aus, daß es eine anschauliche Darstellung der Grundbegriffe mit möglichst wenig Aufwand an Rechnung zu geben sucht. Man kann dem Verfasser vielleicht nicht ganz Unrecht geben, wenn er im Vorwort zum zweiten Band sagt, daß eine mathematische Behandlung das tiefere Eindringen in das Wesen der Dinge verhindert, wenn man nicht vorher die Grundbegriffe der Elektrotechnik ganz gründlich verarbeitet hat. Diese lassen sich, wie alle Begriffe, nur anschaulich mit Hilfe von Bildern näherbringen. In der Betonung faßbarer Vorstellungsbilder geht der Verfasser sogar so weit, eine eigene Äthertheorie aufzustellen, um mit deren Hilfe die Verschiebungsströme und Feldspannungen zu verdeutlichen.

Im ganzen erreicht das Werk seinen Zweck, den Anfänger gründlich und leicht in das Wesen der Elektrotechnik einzuführen. Man könnte die beiden Bände auch überschreiben: „Elektrotechnik leicht gemacht!“

Im Band I wird zunächst der Dauerzustand von Strömen und Spannungen behandelt. Dann folgen Einzelheiten über Wechselströme und Wechselspannungen unter Berücksichtigung der Anwendungen im Rundfunk. Weiter wird die elektrische Arbeit behandelt. Am Schluß folgt ein Sachverzeichnis.

Band II beginnt mit dem Feldverlauf. Es folgt die Erzeugung von Spannungen durch Magnetfeldänderung, eine Abhandlung über den Arbeitsinhalt der Felder mit Berechnungsgrundlagen und vielen Berechnungsbeispielen. Am Schluß ist ein Schlagwortregister angefügt.

Nachahmenswert sind die vorgedruckten Fragebogen, die dem I. Band angeheftet sind und vom Leser zwecks Äußerung von Wünschen und

Kritik ausgefüllt werden sollen. Auf diese Weise erscheint es möglich, durch wirkliche Zusammenarbeit mit einem großen Leserkreis sehr brauchbare Verbesserungsvorschläge für künftige Auflagen zu erhalten.
O. Holm.

Die elektrischen Maschinen. Bd. I: Allgemeine Grundlagen. Von Dr. Ing. M. LITWISCHITZ. Zweite erweiterte und verbesserte Auflage. Mit 374 Abbildungen im Text, 381 Seiten. Leipzig und Berlin 1931, Verlag und Druck B. G. Teubner. Preis geb. RM 18.—

Es gibt in der Literatur eine ganze Reihe guter Bücher, die sich mit dem Thema des vorliegenden Bandes beschäftigen. Damit soll keinesfalls gesagt sein, daß für weitere Bücher dieser Art kein Bedürfnis mehr vorläge. Es ist jedoch zweckmäßig, der Besprechung einen Hinweis auf diese Tatsache voranzuschicken, um daraus das Recht herzuleiten, in der Hauptsache die Punkte hervorzuheben, die das vorliegende Werk von anderen ähnlichen unterscheidet.

Das Buch stellt eine sehr glückliche Synthese zwischen Theorie und Praxis her, indem es einerseits in umfassender und klarer Weise theoretische Grundlagen vermittelt, andererseits in der Nutzanwendung der gewonnenen Erkenntnisse auf Beispiele doch so weit geht, daß eine mühelose Anwendung auf spezielle Fälle der Praxis möglich wird, ohne sich deshalb in konstruktive Einzelheiten zu verlieren. Es gibt eben, wie der Titel sagt, nur allgemeine Grundlagen.

Wie oberstes Ziel bei der Ableitung theoretischer Zusammenhänge immer die Nutzanwendung bleibt, mögen verschiedene Beispiele zeigen. So wird z. B. der Verlauf der Feldkurven magnetischer Kraftfelder von elektrischen Maschinen eingehend besprochen. Es wird darauf hingewiesen, daß eine restlose und genaue Berechnung des vollständigen Feldes in geschlossener mathematischer Form natürlich nicht möglich ist. Dafür wird aber gezeigt, wie man in durchaus befriedigender Weise durch Annäherungen zu einem richtigen Bild des Kraftlinienverlaufes gelangt. In Nutzanwendung auf die praktische Ausführung wird z. B. auch die Nutzenstreuung usw. der Wicklungen behandelt, so daß man die Möglichkeit erhält, auch hierüber zu zahlenmäßigen Ergebnissen zu gelangen. Es ließen sich noch viele Beispiele ähnlicher Art anführen dafür, daß die abgeleiteten Zusammenhänge immer im richtigen Augenblick mit einem Hinweis auf ihre praktische Anwendung ausgestattet werden. Vor allem werden auch immer zahlenmäßige Unterlagen an die Hand gegeben, die ein Weiterarbeiten auf Grund der vermittelten Erkenntnisse gestatten. Bei den Transformatoren ist die anschauliche Behandlung und gute Darstellung der Streufelder hervorzuheben sowie die Angabe von Versuchen. Zweckmäßig sind die Abbildungen, die im Anschluß an die Ausführungen über die Bauart der Transformatoren auch wirkliche Ausführungen und ihren Zusammenbau zeigen. Viele Einzelheiten könnten in dieser Weise noch hervorgehoben werden. Das ganze Buch läßt unzweifel-

haft erkennen, daß es von einem die Theorie beherrschenden Praktiker geschrieben ist.

Im I. Kapitel werden die eigentlichen Grundgesetze der Induktion, des Wechselstromes usw. behandelt. Das II. Kapitel umfaßt den magnetischen Kreis und die Theorie der elektrischen Maschine. Dann folgt im III. Kapitel der Transformator. Hieran schließen sich die Wicklungen der elektrischen Maschinen auf Grund der sicher zweckmäßigen Erwägung, daß die Vorgänge darin im Anschluß an den vorher behandelten Transformator leicht verständlich werden. Im V. Kapitel folgen weitere Einzelheiten über Wechselstrom- und Gleichstromwicklungen. Das VI. Kapitel ist ausschließlich der Asynchronmaschine gewidmet. Im VII., VIII., IX. und X. Kapitel folgen je die Synchronmaschine, die Gleichstrommaschine, der Einankerumformer und die Wechselstrom-Kommutatormaschine. Das letzte Kapitel behandelt die Kaskadenschaltung von Asynchron- und Kommutatormaschinen.

Die Anordnung der oben aufgeführten Kapitel ist augenscheinlich in der Hauptsache auf Grund pädagogischer Gesichtspunkte erfolgt, indem immer ein Kapitel möglichst auf die im vorhergehenden gewonnenen Erkenntnisse aufbaut und Wiederholungen nach Möglichkeit vermeidet.

O. Holm.

Die Grundlagen der Luftfahrt. Herausgegeben von HERMANN FRICKE. Heft I: Fluglehre I (Bewegung). 2 $\frac{1}{2}$ Bogen DIN A 5 mit 40 Abbildungen; broschiert RM —.90. — Heft II: Fluglehre II (Kräfte). 4 $\frac{1}{2}$ Bogen DIN A mit 81 Abbildungen; broschiert RM 1.95. — Heft III: Fluglehre III (Drehkräfte). 3 $\frac{3}{4}$ Bogen DIN A mit 65 Abbildungen; broschiert RM 1.80. — Heft VI: Wolkenbilder. 1 $\frac{3}{4}$ Bogen DIN A mit 47 Abbildungen; broschiert RM 1.50. Oldenburg i. O. 1931, Verlag Gerhard Stalling.

Diese 6 Hefte, von denen Nr. 1, 2, 3, 6 zur Beurteilung vorliegen, sollen eine große Lücke in der Literatur der Luftfahrt schließen. Es soll damit dem naturwissenschaftlich interessierten Laien die Möglichkeit geboten werden, sich über die naturgesetzlichen Bedingungen zu unterrichten, die das Fliegen mit Flugzeugen ermöglichen.

Heft I bietet ein anschauliches Bild von der Bewegung des Flugzeuges in den Luftströmungen der Atmosphäre und behandelt die sich daraus ergebenden Navigationsmöglichkeiten mit Start und Landung. Die angeführten Beispiele sind klar durchgeführt und übersichtlich angeordnet.

Heft II gibt eine Einführung in die physikalischen Bedingungen des Fluges an sich. Dieses Kräftegebiet ist für die Fülle des Stoffes etwas knapp gefaßt; z. B. sind die Begriffe der Luftkraft und des Quertriebes kaum eingehend genug ausgeführt. Gerade die Grundbegriffe und die grundlegenden Versuche bedürfen einer eingehenden Würdigung, da sich auf ihnen alles spätere aufbaut; sie müssen vollständig klar sein, um unnötigen Schwierigkeiten bei tieferem Ein-

dringen in das Gebiet vorzubeugen. Besonders beachtenswert sind die experimentellen Hinweise und die Ausführungen über den für die Versuche unerläßlichen Windkanal.

Heft III enthält die Gleichgewichtsbedingungen des Flugzeuges im Fluge. Die gegebenen Beispiele und Experimente sind anschaulich und gut ausgewählt und durchgeführt.

Heft VI bringt 47 Wolkenbilder, die mit sehr viel Sorgfalt zusammengestellt sind. Dieses Heft wird die Reihe der Wolkenbilder um eine gute Serie erweitern.

Zusammenfassend kann man sagen, daß diese Heftreihe, soweit sie vorliegt, eine gute Arbeit ist, ganz dazu angetan, den Unkundigen in dieses Gebiet einzuführen, zumal gelegentlich auf falsche Vorstellungen, die sich in einigen Büchern finden, gleich aufmerksam gemacht wird. Versäumt hat der Verfasser, jedem Hefte das notwendige Literaturverzeichnis beizufügen, um ein tieferes Eindringen in das behandelte Gebiet durch gute Auswahl zu erleichtern. Ein vollständiges Verzeichnis soll erst dem IV. Hefte beigefügt werden.

Wenn auch den Heften noch geringe Mängel anhaften, so ist ihnen doch weitestete Verbreitung zu wünschen. Insbesondere dürfte die Sammlung dem Lehrer eine willkommene Hilfe für den Schulunterricht sein. *G. Schuzius.*

Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften. Eine Einführung in die heutige Naturphilosophie. Von BERNHARD BAVINK. Vierte, vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Leipzig 1930, Verlag von S. Hirzel. VIII und 616 Seiten, mit 88 Abbildungen und einer Tafel. Geh. RM 23.—; geb. RM 25.—.

Die dritte Auflage des Buches ist in dieser Zeitschrift [37, 203 (1924)] ausführlich besprochen worden. Die vorliegende vierte Auflage ist gegenüber der dritten um etwa $\frac{1}{3}$ vermehrt und zum größten Teil neu bearbeitet worden. Die ersten 3 Hauptabschnitte sind die gleichen geblieben: Kraft und Stoff — Weltall und Erde — Materie und Leben —; dagegen ist der größte Teil des früheren 4. Abschnittes (Das Problem der Artenbildung) in den 3. hineingearbeitet worden. Der 4. Abschnitt trägt jetzt den Titel: Natur und Mensch. Es ist ganz unmöglich, den reichen Inhalt dieses ausgezeichneten, klar und anregend geschriebenen, umfassenden Werkes, das von einer erstaunlichen Sachkenntnis und Belesenheit des Verfassers Zeugnis ablegt, auch nur andeutungsweise hier wiederzugeben. In klarer, auch dem Laien gut verständlicher Weise gibt Verfasser jedes Mal zunächst einen systematischen Überblick über die Ergebnisse der Wissenschaft, um dann die naturphilosophischen Probleme herauszuschälen und abzuhandeln. Der erste Abschnitt (Kraft und Stoff) ist der Physik und Chemie gewidmet; Atomistik, Lichttheorie, Relativitätstheorie, Quantentheorie und Quantenmechanik bezeichnen einige der wichtigsten Teilgebiete; ein Entwurf des heutigen physikalischen Welt-

bildes und Betrachtungen über den Erkenntnisprozeß in der Physik schließen und krönen den Abschnitt. Der 2. Abschnitt (Weltall und Erde) befaßt sich mit astronomischen, der dritte (Materie und Leben) mit biologischen Fragen. Der vierte Abschnitt endlich (Natur und Mensch) behandelt höchst aktuelle Probleme: Rasse und Kultur, Rassenhygiene, Philosophie der Technik, das Problem der Werte.

Immer wieder bewundert der Leser nicht nur die erstaunliche Kenntnis des Verfassers, sondern noch weit mehr den feinen und sicheren Takt, mit dem er ihn an die Probleme und an die verschiedenen Lösungsversuche heranführt. Überall wird mit größter Klarheit und Objektivität das Für und Wider der einzelnen Anschauungen gegeneinander abgewogen, ob es sich nun um Auseinandersetzungen über Apriorismus, Positivismus und kritischen Realismus, über Mechanismus und Vitalismus, über Naturwissenschaft und Werturteil oder über anderes handelt. Verfasser, der selbst dem kritischen Realismus nahe steht, bringt dabei seinen eigenen Standpunkt in feiner und zurückhaltender Weise, wenn auch etwas stärker als in den früheren Auflagen, zur Geltung.

Das umfangreiche, anregend und fesselnd geschriebene Buch bildet meines Erachtens eine Fundgrube für jeden Lehrer der Naturwissenschaften, der seinen Unterricht vertiefen will, und auch für jeden, der einmal die großen Fragen im Zusammenhang dargestellt sehen will. Ich möchte es jedem Lehrer — nicht nur dem der Naturwissenschaften, sondern z. B. auch dem der Religion und des Deutschen — dringend zur Lektüre empfehlen. *Iamla.*

Relativitätstheorie und Weltanschauung. Von HANS DRIESCH. Zweite, umgearbeitete Auflage. Leipzig 1930, Verlag von Quelle & Meyer. VIII und 106 Seiten. Brosch. RM 3.—.

In der Schrift „soll EINSTEINs Relativitätstheorie auf ihre philosophische Zulässigkeit hin untersucht werden“; Verfasser kommt, um es gleich vorwegzunehmen, zu einem ablehnenden Ergebnis. Er gibt zunächst eine Darstellung der wesentlichen Begriffe der speziellen Relativitätstheorie (Gleichzeitigkeit, absolute Bewegung), danach eine Kritik; sodann wird die allgemeine Relativitätstheorie behandelt.

Es geht nicht etwa darum, irgend eine Übertragung relativitätstheoretischer Gedanken auf andere als physikalische Gebiete auf ihre Berechtigung zu prüfen, sondern um eine Kritik der Relativitätstheorie im Gebiete der reinen Physik. Nach Ansicht des Verfassers muß die Philosophie ein Regulativ für wissenschaftliche Lehren bilden; sie hat nicht allen Theorien als dienende Magd nachzulaufen, wie sie früher gelegentlich die ancilla theologiae gewesen ist (S. 86). „Wenn man“, so heißt es auf S. 53, „überhaupt Physiker im eigentlichen Sinne sein will, so ist man unweigerlich gebunden an das, was ich Realontologie nennen möchte“. Hierzu gehören nun der Raum euklidischer Struktur und die absolute Zeit. „Die

Naturzeit kann ganz ebensowenig in der Mehrzahl gedacht werden wie der Naturraum“ (S. 42). „Der Naturraum . . . kann wesensmäßig gar nicht anders als euklidisch erfaßt werden. Das ist eine der ganz wenigen Sachen, die wir ganz sicher und endgültig wissen“ (S. 81). Es ist klar, daß diese Prämissen zu einer völligen Ablehnung der Relativitätstheorie führen müssen; insbesondere wird z. B. das relativistische Additionstheorem der Geschwindigkeiten von diesem Standpunkt aus nicht nur unverständlich, sondern unsinnig. Diese Prämissen sind es ja aber gerade, die die Relativitätstheorie nicht anerkennt. Eine physikalische Theorie muß, auch wenn sie in sich widerspruchsfrei ist, als falsch verworfen werden, sobald sie dem Ergebnis von Versuchen oder sonst der Erfahrung widerspricht; sie lediglich deshalb als falsch zu bezeichnen, weil sie einer bestimmten philosophischen Anschauung nicht entspricht, ist wenig überzeugend.

Verfasser untersucht alsdann die Berechtigung der „mathematisierten Physik“ überhaupt, insbesondere ihre Beziehung zum Begriff der Kausalität. Er findet auch hier bedeutsame Schwierigkeiten. Beim Stoß einer bewegten Kugel gegen eine ruhende z. B. sagt der mathematische Physiker lediglich: Wenn im Augenblick des Stoßes die bewegte Kugel an diesem Orte in dieser Richtung die Geschwindigkeit v_1 , also die kinetische Energie $\frac{1}{2}m_1v_1^2$, und wenn die ruhende Kugel die Masse m_2 hat, dann wird das und das geschehen. „Der kausal denkende empirische Forscher aber“, so betont der Verfasser, „den die einmaligen Vorgänge in dieser einen Welt angehen, der fragt: woher, d. h. durch welchen abgelaufenen einzelnen Vorgang hat in dem Moment des Stoßes die stoßende Kugel die lebendige Kraft $\frac{1}{2}m_1v_1^2$?“ Hier gehen nun in der Tat die Wege weit auseinander.

Ich glaube, daß jeder Physiker das Buch mit Gewinn lesen wird; ich glaube aber auch, daß die meisten nach der Lektüre ebensowenig überzeugt sein werden wie der Referent. *Lamla.*

Svante Arrhenius. Von ERNST H. RIESENFELD. Mit 1 Titelbild, 1 Faksimilebrief und 9 Abb. Leipzig 1931. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. Preis geh. RM 7,—; geb. RM 8,50.

Das Buch bildet den 11. Band der Sammlung „Große Männer, Studien zur Biologie des Genies“, herausgeg. von W. OSTWALD. Es ist selbstverständlich, daß der Verfasser auf den 92 Seiten des Buches die wissenschaftlichen Leistungen von ARRHENIUS nur andeuten konnte. Das Buch will sich auch gar nicht mit den Leistungen eingehend befassen; es ist vielmehr für Leser geschrieben, die mit ihnen einigermaßen vertraut sind, und verfolgt nur die Absicht, das Genie und den Menschen ARRHENIUS in seiner Entwicklung, seinem Ringen, seinen Enttäuschungen und seinen Erfolgen uns nahe zu bringen, und dies ist dem Verfasser in trefflicher Weise gelungen. ARRHENIUS hatte zunächst einige Semester an der Universität seiner Heimatstadt Upsala studiert und war dann nach Stockholm gegangen, um dort das physika-

lische Praktikum durchzumachen und mit der für die Promotion erforderlichen Experimentaluntersuchung zu beginnen. Schon bei dieser Arbeit „Über das Abklingen der galvanischen Polarisierung“ kamen dem 24-jährigen Studenten bei der Auswertung der Versuchsergebnisse die grundlegenden Gedanken über das Verhalten der Elektrolyte. Als er diese zunächst noch verschwommenen Gedanken etwas besser durchdacht hatte, trug er sie während der Sommerferien in Upsala seinem früheren Universitätslehrer vor. Dieser hörte ihn aber nicht lange an, sondern unterbrach ihn mit den ironischen Worten: „Das ist ja eine großartige Theorie“. ARRHENIUS ließ sich indessen dadurch nicht entmutigen, zumal andere ihn zur Fortsetzung seiner Arbeiten ermunterten. Diese erste Enttäuschung aber, die er an der Universität seiner Heimatstadt Upsala erfuhr, sollte nicht die letzte sein. Unserem großen Landsmann KEPLER, dem Schöpfer unseres heutigen Weltbildes, blieb die Erfüllung seines Lieblingswunsches, eine Professur an seiner Heimatuniversität Tübingen zu erhalten, versagt, weil er den maßgebenden Herrn nicht orthodox genug war in bezug auf die Augsburgische Konfession. Ebenso erging es dem Schöpfer unserer modernen chemischen Grundvorstellungen ARRHENIUS; auch ihm blieb die Erfüllung seines Wunsches, an seiner Heimatuniversität Upsala eine Dozentur zu erhalten, versagt, weil er auf chemischem Gebiete nicht orthodox genug war. Hauptsächlich war es die Anerkennung bei den bedeutendsten Fachgenossen im Auslande, die ihn emportrug, und unter diesen war es besonders WILHELM OSTWALD, zu dem er in ein sehr herzliches Freundschaftsverhältnis trat. Die schwerste Enttäuschung für ihn war das Erlebnis, daß hochstehende Kulturvölker, mit deren höchsten wissenschaftlichen Autoritäten er in engem persönlichen Konnex stand, sich in einem 4 $\frac{1}{2}$ -jährigen grauenvollen Kriege zerfleischen konnten, und daß sein fester Glaube, auf dem Gebiete der Wissenschaft gebe es keine politischen Grenzen, sondern nur völlige Objektivität und Wahrheitsliebe seien zur absoluten Herrschaft legitimiert, in schwerster Weise erschüttert wurde. In dem nach seinen Plänen gebauten und von ihm geleiteten Nobel-Institut für physikalische Chemie beschloß er 1927 als 68-jähriger sein an Arbeit und Erfolgen reiches Leben. Zwar waren es die Arbeiten auf elektrochemischem Gebiete, die seinen Weltruf als wissenschaftliches Genie begründeten, aber für die breiten Schichten waren es seine kosmologischen Schriften, die dem Namen ARRHENIUS Weltgeltung verschafften. Das Buch sei wärmstens empfohlen. *Steindel.*

Goethes naturwissenschaftliches Denken und Wirken. Drei Aufsätze, herausgegeben von der Schriftleitung der Zeitschrift Die Naturwissenschaften. Mit einem Bild. III, 99 S. Verlag von Julius Springer, Berlin 1932. Preis geh. RM 2,60; geb. RM 3,60.

Die Zeitschrift „Die Naturwissenschaften“ hat „zur GOETHE-Jahrhundertfeier“ im 13. Heft des

20. Jahrgangs (25. März 1932) H. v. HELMHOLTZ' Rede „GOETHE'S Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen“ (aus dem Jahre 1892) wiederabgedruckt und dazu den Aufsatz gefügt: J. SCHIFF: Naturwissenschaftliche Gleichnisse in GOETHE'S Dichtungen, Briefen und literarischen Schriften. Das vorliegende Werk enthält außer diesen beiden Arbeiten noch die von M. DOHRN im Januar und März 1932 gehaltene Rede: GOETHE über seine naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise. Es ist, ebenso wie Heft 13, mit dem GOETHE-Bild geschmückt, das am Beerdigungstage 1832 nach der Natur gezeichnet wurde.

L. KRONECKERS Distichon, dessen erste Zeile lautet: Nonne mathematici veri natique poetae? ist allgemein bekannt. Wer die Rede wiederliest, die HELMHOLTZ in der Generalversammlung der GOETHE-Gesellschaft zu Weimar am 11. Juni 1892 gehalten hat, wird auch diesem Physiker bedeutende dichterische Fähigkeiten zusprechen. Nicht nur wegen der meisterhaften Beherrschung der deutschen Sprache, der bilderreichen Entwicklung künstlerischer Anschauungen, des liebevollen Sichversenkens in die Eigenart dichterischen Schaffens. Mit schöpferischer Phantasie und tiefem Gefühl ordnet HELMHOLTZ, dessen eindringender Verstand erprobt ist, den voll beherrschten Stoff zu einem schönen und selbständigen Werk. Ebensovienig wie vom „Physiker GOETHE“ darf man vom „Dichter HELMHOLTZ“ sprechen. Wohl aber wird das Urteil zutreffen, daß HELMHOLTZ außer dem Wege des Forschers auch den des Künstlers gegangen ist.

Der Versuch, HELMHOLTZ' Rede inhaltlich zu zergliedern, müßte dieser Schöpfung abträglich sein. Nichtkenner und Kenner sollen sie lesen und wiederlesen; beiden steht hoher Genuß in Aussicht. Und der Schriftleitung der „Naturwissenschaften“ sei wärmster Dank dafür gesagt, daß sie diese HELMHOLTZ-Rede der Allgemeinheit so leicht zugänglich gemacht hat.

M. DOHRN läßt „möglichst GOETHE selbst über seine naturwissenschaftlichen Arbeiten reden“ (S. 28). Wir erfahren, wie er als Student zur Beschäftigung mit Naturwissenschaft kommt. Nach seiner Berufung nach Weimar beginnen die Arbeiten aus den einzelnen Zweigen der Naturwissenschaft. Mit tiefer, umfassender Sachkenntnis lenkt DOHRN die von GOETHE selbst bei seiner Mitwelt schmerzlich vermißte Aufmerksamkeit darauf, wie der Dichter sich „um die Natur in ihren allgemeinen physischen und ihren organischen Phänomenen eifrig bemüht und ernstlich angestellte Betrachtung tätig und leidenschaftlich im Stillen verfolgt“ hat (S. 59). Licht und Schatten werden gerecht verteilt, wissenschaftliche und künstlerische Einstellung des Kritikers beeinträchtigen einander nirgends. Zusammenfassend zeigt DOHRN'S Beitrag, „wie GOETHE gegenständliches Denken gegeben war, sowie die Fähigkeit, vergleichende Beobachtungen über die Phänomene der Natur durchzuführen, und wie er mit Hilfe dieser ihm zu Gebote stehenden Gaben in der Biologie neue fundamentale Gesetze fassen und aussprechen konnte. Auch bei seinen physi-

kalischen Forschungen sucht er die sinnliche Anschauung in den Vordergrund zu stellen und die, wie er sagt, mathematisch-philosophischen Theorien aus der Physik zu verbannen, weil sie der Erkenntnis nicht förderlich, sondern hinderlich seien. Um nun bei seinen Arbeiten zur Farbenlehre diese Einstellung durchzuführen, versucht er, anerkannte Grundsätze zu verwerfen, um mit neuen Ideen Neues aufzubauen. Neigung zur Malerei und der Wunsch, die Gesetze des malerischen Kolorits und der Farbenharmonie zu suchen, waren die Veranlassung zum Studium der Farbenlehre gewesen. Hier an seinem Lieblingswerke mußte er erfahren, daß ohne Mitwirkung der Mathematik die Natur zu betrachten und zu erforschen nicht gelingen sollte. Trotzdem sind seine Arbeiten über die physiologische Optik von grundlegender Bedeutung geblieben“ (S. 58). Hervorgehoben sei noch, daß die Überschrift der Rede ihren Inhalt so treffend bezeichnet, wie es in solcher Kürze selten glückt.

J. SCHIFF folgt einer Anregung, die A. BERLINER 1923 gegeben hat. Da der „ewige Gleichnismacher“ die Physik auf Schritt und Tritt zu Gleichnissen benutzt, stellte BERLINER die Aufgabe einer von einem Physiker angelegten Sammlung solcher Gleichnisse. In seiner Lösung beschränkt sich SCHIFF nicht auf die Physik, sondern stellt überhaupt naturwissenschaftliche Gleichnisse einschließlich gleichnisähnlicher naturwissenschaftlicher Hinweise aus GOETHE'S Schriften zusammen (S. 61). Physik, Chemie, Astronomie mit Einschluß atmosphärischer Erscheinungen und Mathematik, Geologie und Mineralogie, Biologie nebst Botanik und Medizin sind die Gebiete, aus denen die auf 35 Druckseiten wiedergegebenen Gleichnisse stammen. Vertieft man sich darin, so muß man der Ansicht des verdienstvollen Sammlers beipflichten, daß die naturwissenschaftlichen Gleichnisse nicht als äußerlicher Schmuck in GOETHE'S Rede aufzufassen seien, sondern „sie sind ihm vielmehr ein bedeutendes Mittel, sein Inneres zum Ausdruck zu bringen, sie sind geradezu Ausströmungen seiner Weltanschauung“ (S. 63). SCHIFF hat eine Huldigung GOETHE'S geschrieben, die ihm die Naturwissenschaftler danken müssen, und eine bedeutsame Vorarbeit für „das noch fehlende Buch über die untrennbare Verbundenheit von Poesie und Naturwissenschaft im Geiste und im Lebenswerk des Meisters“ (S. 99).

Alles in allem ist der Schriftleitung der „Naturwissenschaften“ eine „fachliche“ GOETHE-Ehrung feinsinnig gelungen. Lehrer aller naturwissenschaftlichen Gebiete an höheren Schulen werden in der Lage sein, so manche „Weihestunde“ in ihren Unterricht einzuweben, wenn sie das Heft „GOETHE'S naturwissenschaftliches Denken und Wirken“ durchgearbeitet haben. Für den Gedanken der inneren Verbundenheit der sämtlichen Schulfächer dürften sich solche festlichen Stunden noch besonders wertvoll erweisen. „Die Naturwissenschaften“ bieten hier auf knapp 100 Seiten ein ausgezeichnetes Hilfsmittel zur Lösung der im eigentlichen Sinne humanistischen Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Mth.*

Chemie der Kohlenstoffverbindungen oder Organische Chemie. Von RICHTER-ANSCHÜTZ. 12. Auflage. Herausgegeben von Prof. Dr. R. ANSCHÜTZ. Leipzig 1931. Akademische Verlagsgesellschaft. 3. Band: Heterozyklische Verbindungen, bearbeitet von Dr. FRITZ REINDEL. 413 Seiten. Brosch. RM 26.—; geb. RM 28.—.

Bevor der zweite Band des RICHTER-ANSCHÜTZ, der die karbozyklischen Verbindungen behandeln soll und dessen Fertigstellung durch den Tod eines Mitarbeiters verzögert wurde, erschienen ist, wurde der dritte Band der Öffentlichkeit übergeben. Er enthält die heterozyklischen Verbindungen, die in der vorangehenden 11. Auflage, die 1913 erschienen ist, noch zusammen mit den karbozyklischen Verbindungen im zweiten Band behandelt wurden. Aber gerade auf dem Gebiet der Ringkörper ist in den letzten 20 Jahren so viel gearbeitet und Neues entdeckt worden, daß bei dessen Berücksichtigung in der neuen Auflage ein einziger Band zu umfangreich und unhandlich geworden wäre. Mehrere Ring-systeme wurden in diesem Zeitabschnitt neu entdeckt, die Kenntnis vieler anderen ist vertieft worden. Stark ausgebaut wurde unser Wissen über die Porphyrine, Hämin und Chlorophyll, über Pyrane, Blütenfarbstoffe, Pyridin- und Chinolinabkömmlinge und besonders über die Alkaloide. Die Einteilung des Stoffes erfolgt nach isologen Reihen, in denen eine einheitlich durchgeführte Nomenklatur das Zurechtfinden erleichtert, das auch durch ein sehr eingehendes Sachregister unterstützt wird. Nach kurzer Besprechung der weniger wichtigen 3- und 4gliedrigen Ringe, werden erst die 5-, dann die 6gliedrigen behandelt und zwar die mit einem, dann die mit 2 usw. Heteroatomen. Darauf folgen kurz die mehr als 6gliedrigen Ringe. Die Alkaloide wurden ganz an den Schluß des Bandes gestellt und im Zusammenhang sehr vollständig behandelt.

Was bei der Besprechung des ersten Bandes über den RICHTER-ANSCHÜTZ im allgemeinen gesagt wurde [s. diese Zeitschrift 42, 283 (1929)], gilt für den 3. Band in gleicher Weise. Er ist für die heterozyklischen Verbindungen ein wertvolles kleines Nachschlagewerk, das durch Angabe der Originalliteratur das Zurückgreifen auf diese sehr erleichtert. In der Handbibliothek der höheren Schulen sollte der RICHTER-ANSCHÜTZ nicht fehlen, da er wesentlich billiger als die großen Nachschlagewerke ist, für die Schule aber die gleichen Dienste wie diese leistet.

Isberg.

Von Davy und Döbereiner bis Deacon. Ein halbes Jahrhundert Grenzflächen-Katalyse. Von A. MITTASCH und E. THEIS. 279 Seiten mit 14 Abb. im Text und 16 Bilderbeilagen. Berlin 1932. Verlag Chemie. Geb. RM 18,50.

Jahrelang durchgeführte Versuche, um die Ammoniak-Synthese technisch und wirtschaftlich auszugestalten, veranlaßten einen der erfolgreichsten Mitarbeiter, ALWIN MITTASCH, zu ein-

gehenden geschichtlichen Studien, wieviel bereits früher in bezug auf bestimmte katalytische Probleme geleistet worden ist. Das Ergebnis war unerhofft reich: in dem halben Jahrhundert von DAVY und DÖBEREINER bis DEACON ist der Grund für die Erfolge gelegt worden, die bisher im 20. Jahrhundert mit katalytischen Vorgängen erreicht wurden. Von allen den wichtigen Funden vergangener Tage weiß die Allgemeinheit fast nichts. E. v. MEYER z. B. sagt in der letzten Auflage seiner „Geschichte der Chemie“ (1914) noch kein Wort über die Ammoniak-Oxydation, und die Ammoniak-Synthese wird von ihm nur flüchtig gestreift, obgleich die ersten glückverheißenden, allerdings zunächst noch fruchtlosen Anfänge dieser Ackerbau und Wirtschaft aufs stärkste beeinflussenden Verfahren hundert Jahre zurückliegen. Wir dürfen uns deshalb voll Dankbarkeit freuen, daß MITTASCH seine eigenen geschichtlichen Feststellungen durch THEIS hat vervollständigen und das Gesamtergebnis als Buch hat veröffentlicht lassen. In ihm sind der Geschichte jener beiden eben genannten, alle Welt bewegenden Verfahren 30 Seiten eingeräumt.

Das Buch ist dem jüngst verstorbenen WILH. OSTWALD gewidmet, weil er um die Jahrhundertwende den Begriff „Beschleunigung“ bei katalytischen Vorgängen in den Vordergrund gerückt, ihn mit Zähigkeit und Folgerichtigkeit bei allen einschlägigen Arbeiten durchgeführt und damit der Katalyse zu ihrer machtvollen Entfaltung verholfen hat. Mit der Angabe von „DAVY und DÖBEREINER bis DEACON“ ist nur gemeint, daß dieser Zeitabschnitt besonders gründlich durchforscht und behandelt ist; aber auch die Vorläufer werden berücksichtigt, und alles wird auf die Gegenwart bezogen: die Zeittafel am Schlusse des Buches reicht von 1781 bis 1877, und der Text umfaßt nicht nur diese Spanne, sondern geht bis zum Jahre 1931. Ebenso ist das Thema zwar auf das Problem der heterogenen Katalyse beschränkt, d. h. auf die Vorgänge, bei denen der katalysierende Stoff durch deutliche Phasengrenzflächen von dem beeinflussten Gebilde geschieden ist, aber es wird trotzdem ziemlich ausführlich über die homogene Katalyse und kurz über die anderen Formen berichtet. MITTASCH und THEIS haben die leitenden Grundgedanken herausgeschält und die großen Linien der Forschungsarbeiten scharf gezeichnet; zum Schluß haben sie festgestellt, welche Gedanken und Ergebnisse ihre Zeit überdauert haben: die Kenntnis der einzelnen katalytisch wirkenden Stoffe und der Mehrstoff-Katalysatoren, der Kontaktvergiftung, die Formen und die Herstellungsweisen fester Katalysatoren, die Verwendung indifferenter Stoffe als Träger. Gewandelt haben sich die theoretischen Ansichten; den Verächtern der Geschichte sollte jedoch die Tatsache zu denken geben, „daß sich die Vorstellungen von BERZELIUS im Grunde mit den gegenwärtig herrschenden Anschauungen decken, wonach die katalytischen Vorgänge nicht abseits von den durch chemische Affinität bedingten rein chemischen Vorgängen stehen, sondern eine eigenartige Gruppe in der Gesamtheit der durch

Affinität hervorgerufenen chemischen Umsetzungen bilden“ (S. 98). „Heute hat der alte Gegensatz von ‚Adsorptionstheorie‘ und ‚Affinitätstheorie‘ der Katalyse seine Bedeutung verloren, indem das Problem der heterogenen Katalyse schließlich zu einem Teilproblem der Atomphysik geworden ist, deren Gesetze das gesamte chemische Geschehen beherrschen“ (S. 225). „Man sieht deutlich, daß die Geschichte von Erfindungen sehr oft oder in der Regel nicht diejenige logische Entwicklung erkennen läßt, die am raschesten und leichtesten zum Erfolg hätte führen können“ (S. 233). Infolge dieser Erkenntnis ist die Wissenschaft gegenüber dem Rätsel der Katalyse, das im allgemeinen noch ungelöst ist, vorsichtiger geworden. Die Ver-

fasser „bemerken, daß, während zu Beginn des 19. Jahrhunderts bereits an die ersten Fälle der Katalyse unbekümmert die schwierige Frage des ‚Warum?‘ angeschlossen wurde, die Forschung im 20. Jahrhundert, minder anspruchsvoll und durch Erfahrung gewitzigt, sich zunächst mit einer Beantwortung der Frage ‚Wie?‘ (d. h. mit einer eindringlichen Analyse des zeitlichen Verlaufes des katalytischen Vorganges unter verschiedenen Bedingungen — nebst Schlußfolgerungen hieraus —) zufrieden gibt“ (S. 225).

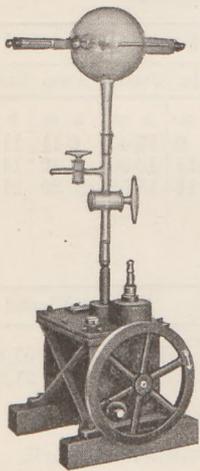
Zusammenfassend kann gesagt werden, daß niemand ohne Kenntnis dieses Buches zum vollen Verständnis der katalytischen Probleme gelangen kann.
R. Winderlich.

Aus Werkstätten.

Rotierende Ölpumpe nach Gaede für Handantrieb.

Der E. Leybolds Nachfolger A.-G. in Köln ist es in letzter Zeit gelungen, die rotierenden Ölluftpumpen weiterhin so zu vervollkommen, daß sie jetzt auch zur Vorführung der Hochvakuum-Entladungserscheinungen mittels Handbetrieb geeignet sind.

Da die rotierenden Ölluftpumpen nach GAEDÉ für technische Zwecke in großem Umfang hergestellt werden, ist ihr Anschaffungspreis verhältnismäßig gering, jedenfalls in der Ausführung für Handbetrieb nicht höher als der von guten Kolbenluftpumpen. Die mit rotierenden Pumpen mit Handantrieb erreichbaren Vakua sind aber bedeutend höher als die, die mit guten Kolbenpumpen erzielt werden können. Dabei ist die Handhabung spielend leicht, zumal der



Kraftbedarf mit zunehmendem Vakuum immer geringer wird. Motor und Grundplatte können später auch nachgeliefert werden, um die Pumpe elektrisch anzutreiben.

Für die Zwecke der Schule kommen besonders drei Typen von rotierenden Ölluftpumpen für den Handbetrieb in Betracht, nämlich:

- eine kleine einstufige rotierende Pumpe,
- eine größere einstufige rotierende Pumpe (Simplex-Pumpe), siehe die Figur,
- eine zweistufige rotierende Pumpe (Duplex-Pumpe).

Mit der kleinen einstufigen Ölluftpumpe ge-

lingen rasch und sicher alle mit dem Luftpumpenteller zu machenden Versuche und die sonst üblichen Versuche der Unterstufe mit Fallröhre, Magdeburger Halbkugeln usw. Beispielsweise werden die Magdeburger Halbkugeln in einer halben Minute ausgepumpt.

Die Simplex-Pumpe gestattet darüber hinaus, die Entladungserscheinungen in verdünnten Gasen vorzuführen. So wird eine Röntgenröhre in 1½ Minuten für Mittelhanddurchleuchtungen passend ausgepumpt.

Die zweistufige Pumpe gibt ein noch wesentlich höheres Vakuum bei größerer Pumpgeschwindigkeit, so daß die Röntgenröhre in etwa einer Minute auf die Leistung gebracht wird, wie sie für die einstufige Pumpe angegeben wurde.

Die folgende Tabelle gibt an, innerhalb welcher Zeit in einer auf die Duplex-Pumpe aufgesetzten 1 m langen Entladungsröhre die verschiedenen charakteristischen Entladungserscheinungen erreicht werden. Aus der Tabelle geht hervor, daß die Pumpgeschwindigkeit bei Handbetrieb etwa halb so groß ist wie bei Motorbetrieb.

Entladungsform	Druck in mm Hg etwa	Zeit in Sek.	
		Motor	Hand
Leuchtender Faden . .	15	3	8
Glimm-Entladung . . .	1,5	5	12
Geschichtetes Licht . .	0,1	6	16
Glasfluoreszenz in der ganzen Röhre	0,01	9	24
Verschwinden der Glasfluoreszenz	0,001	13	30

Die Simplex-Pumpe läßt die letzte Stufe der Tabelle nicht ganz erreichen, auch ist ihre Pumpgeschwindigkeit unterhalb 0,1 mm Hg etwas kleiner als die Tabelle angibt.

Himmelserscheinungen im November und Dezember 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.

Oh W.Z.	Sonne ☉				Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl. ¹	Sternzeit ²	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1932	h m	°	m s	h m s	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°
Nov. 1	14 24	-14,3	-16 19	2 40 16	15 39	-21,6	11 57	+ 1,9	9 45	+15,2	11 13	+ 6,2	20 4	-20,9
„ 6	14 44	15,9	16 18	2 59 59	16 7	23,4	12 19	- 0,3	9 56	14,5	11 16	5,8	20 5	20,8
„ 11	15 4	17,3	15 57	3 19 42	16 34	24,6	12 42	2,6	10 6	13,7	11 19	5,6	20 7	20,8
„ 16	15 24	18,6	15 15	3 39 25	16 57	25,3	13 4	4,8	10 15	12,9	11 22	5,3	20 8	20,7
„ 21	15 45	19,8	14 11	3 59 7	17 14	25,3	13 27	7,1	10 24	12,1	11 24	5,0	20 9	20,6
„ 26	16 6	-20,9	-12 47	4 18 50	17 18	-24,5	13 50	- 9,3	10 33	+11,4	11 27	+ 4,8	20 11	-20,5
Dez. 1	16 27	21,7	11 4	4 38 33	17 4	22,7	14 13	11,4	10 41	10,7	11 29	4,6	20 13	20,5
„ 6	16 49	22,5	9 5	4 58 16	16 37	20,3	14 37	13,4	10 49	10,1	11 31	4,4	20 15	20,4
„ 11	17 11	23,0	6 53	5 17 59	16 16	18,6	15 1	15,3	10 56	9,4	11 33	4,2	20 17	20,3
„ 16	17 33	23,3	4 32	5 37 41	16 12	18,3	15 26	17,0	11 3	8,9	11 34	4,1	20 19	20,2
„ 21	17 55	-23,4	- 2 4	5 57 24	16 24	-19,2	15 51	-18,6	11 9	+ 8,4	11 35	+ 4,0	20 21	-20,0
„ 26	18 18	23,4	+ 0 25	6 17 7	16 44	20,5	16 17	20,0	11 15	7,9	11 36	3,9	20 23	19,9
„ 31	18 40	-23,1	+ 2 53	6 36 50	17 10	-21,9	16 43	-21,1	11 20	+ 7,6	11 37	+ 3,9	20 26	-19,8

¹ Zeitgleichung = mittlere Zeit - wahre Zeit.

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

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

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
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
Nov. 1	6 55	16 32	11 25	17 44	Nov. 26	7 40	15 54	5 36	14 22	Dez. 21	8 9	15 47	0 11	11 56
„ 6	7 5	16 22	14 15	—	Dez. 1	7 47	15 50	11 43	19 16	„ 26	8 11	15 50	7 42	14 4
„ 11	7 14	16 13	15 4	5 17	„ 6	7 54	15 47	12 54	0 42	„ 31	8 11	15 55	10 39	21 6
„ 16	7 23	16 6	17 26	11 7	„ 11	8 1	15 46	14 4	6 48					
„ 21	7 32	16 0	23 43	13 16	„ 16	8 5	15 46	18 50	10 52					

Mondphasen 1932 M.E.Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
		28. Nov.	1h 43,2m	5. Nov.	7h 50,4m	13. Nov.	8h 28,0m	21. Nov.
	27. Dez.	12 22,4	4. Dez.	22 44,9	13. Dez.	3 21,0	20. Dez.	21 21,9

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

1932	Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Okt. 27	—	—	A 2,8	D _m 6,3	A 23,7	D _m 5,6	A 2,2	D _m 5,7	D _a 17,8	U 21,7
Nov. 6	—	—	A 3,3	D _m 6,6	A 23,5	D _m 5,9	A 1,7	D _m 6,0	D _a 17,5	U 21,1
„ 16	—	—	A 3,8	D _m 6,9	A 23,4	D _m 6,2	A 1,2	D _m 6,3	D _a 17,3	U 20,5
„ 26	—	—	A 4,3	D _m 7,1	A 23,1	D _m 6,4	A 0,6	D _m 6,5	D _a 17,2	U 19,9
Dez. 6	—	—	A 4,8	D _m 7,4	A 22,9	D _m 6,6	A 0,1	D _m 6,7	D _a 17,1	U 19,4
„ 16	A 6,2	D _m 6,9	A 5,3	D _m 7,5	A 22,6	D _m 6,8	A 23,5	D _m 6,9	D _a 17,1	U 18,8
„ 26	A 6,3	D _m 7,0	A 5,8	D _m 7,6	A 22,2	D _m 6,9	A 22,9	D _m 7,0	D _a 17,2	U 18,3
„ 31	A 6,6	D _m 7,0	A 6,0	D _m 7,6	A 22,0	D _m 6,9	A 22,6	D _m 7,0	D _a 17,2	U 18,0

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

22. Dez. 2h 15m M.E.Z. Winteranfang.

Kohl.

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

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

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